trar aplicação como película primária de revestimentos constituídos por películas múltiplas, em que as camadas exteriores são formadas por polímeros saturados não transformados, normalmente mais resistentes à acção do oxigénio da atmosfera e a outros reagentes, mas inaceitáveis como película primária em virtude da sua reduzida adesão.

RESUMO

Efectua-se no presente artigo a sistematização dos princípios científicos da formação de películas. Em particular estudam-se as duas vias fundamentais do processo — formação sem transformação química e por polimerização — pondo em evidência os factores principais do respectivo desenvolvimento.

SUMMARY

In the present article the author systematizes the scientific principles of coating formation, studying in particular the twe basic processes of this phenomenon — without chemical transformation and by polimerization — emphasizing the factors which influence film formation.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 °/₀ dos totais do País.*

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico, o mês de Outubro apresentou-se, no conjunto, um pouco abaixo da média.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1962	1963	Variação °/₀
Produção hidráulica (P_h) . . .	264,2	265,1	0
Produção térmica (P_t)	23,9	28,7	+ 20
Produção total (P_T)	288,1	293,8	+ 2
Exportações (Ex)	0,0	0,0	0
Importações (I)	0,0	0,0	0
Produção para consumos não perman. (P_{cnp})	30,6	8,4	— 73
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	257,5	285,4	+10,8 (2)
Coeficiente de hidraulicidade	0,74	0,82	—

b) Acumulados desde 1 de Janeiro

	1962	1963	Variação °/₀
Produção hidráulica (P_h) . . .	2928,4	3182,9	+ 9
Produção térmica (P_t)	79,5	120,2	+ 51
Produção total (P_T)	3007,9	3303,1	+ 10
Exportações (Ex)	0,0	54,0	—
Importações (I)	0,6	0,1	— 83
Produção para consumo não perman. (P_{cnp})	590,0	574,0	+ 3
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	2418,5	2675,2	+10,6 (2)
Coeficiente de hidraulicidade	1,10	1,37	—

NOTAS:

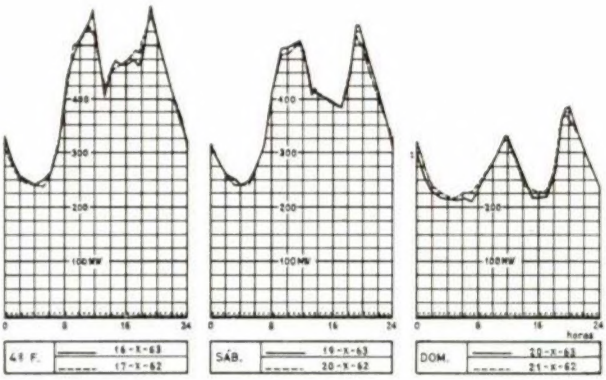
(1) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + 1 - E_X$

(2) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 10,1 °/₀ e 10,1 °/₀.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

			4.ª feira: 1962	4.ª feira: 1963
Produção hidráulica		(P_h) MWh	8907	9085
Produção térmica		(P_t) MWh	1110	880
Produção total		(P_T) MWh	10017	9965
Trocas com Espanha	Export.	(Ex) MWh	0	0
	Import.	(I) MWh	0	0
TOTAL		$P_T + (I - E_X)$ MWh	10017	9965
Prod. para cons. perm.		(P_{cp}) MWh	9064	9861
Prod. para cons. não perm.		(P_{cnp}) MWh	953	104
Características dos diagramas	$P_T + (I - E_X)$	Potência máx. MW	557,0	572
		Potência mín. MW	237,5	240
		Utiliz. da ponta horas	18,0	17,4
		Factor de carga	0,75	0,73
	P_{cp}	Potência máx. MW	515	568
		Potência mín. MW	195	236
		Utiliz. da ponta horas	17,6	17,4
		Factor de carga	0,73	0,72

OUTUBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês: GWh	No fim do mês: °/₀ (1)
Paradela	61,3	27,6
Venda Nova	45,6	35,6
Salamonde	17,3	62,7
Caniçada	16,5	49,8
Cabril :	61,0	18,0
Castelo do Bode	65,3	40,1
Guilhofrei	3,6	43,4
Lagoa Comprida	12,4 (2)	37,1
Santa Luzia	24,5	39,8
Pracana	1,3	10,1
Póvoa	5,8 (3)	44,2
Total . . .	314,6	30,2

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 2,3 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 1,5 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 2,5 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 1,2 GWh no fim do mês.

Silicones WACKER

produtos preciosos da química do silício

Fornecemos, para diversas possibilidades de aplicação em laboratórios, em departamentos de ensaio e em empresas industriais:

Óleos Silicone

por exemplo: para sistemas hidráulicos, como desmoldantes na transformação de plásticos, como meios de transmissão de calor

Pastas Silicone

por exemplo: para desmoldagem, como produtos de isolamento eléctrico

Lubrificantes Silicone

para mancais de esferas e mancais de rolos, a altas e baixas temperaturas

Antiespumantes Silicone

para tirar a espuma de sistemas aquosos e não aquosos

Produtos de Impregnação Silicone

para couro, alvenaria, papel e têxteis

Resinas Silicone

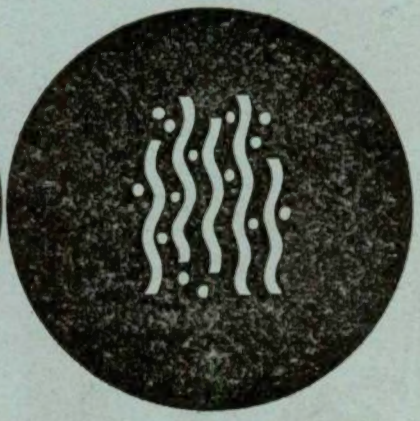
por exemplo: para pinturas resistentes a alta temperatura, para combinações com matérias primas orgânicas para vernizes; como vernizes para isolamento eléctrico para a Classe de Isolamento H

Cauchu Silicone

vulcanizável a quente, para peças moldadas e injectadas, tais como: vedações, mangueiras, cabos e condutas, etc.

Cauchu Silicone

vulcanizável a frio, para a fabricação de formas de vazamento elásticas; como material de vedação elástico; material de embutir para ligações e instrumentos eléctricos sensíveis



Os Silicones Wacker são:

- resistentes à temperatura na zona de −60° até + 250°C
- altamente hidrófogos
- resistentes ao envelhecimento, às intempéries e ao ozono
- repelentes às colas

e distinguem-se pelas suas boas propriedades eléctricas.

Mais informações e folhetos são enviados a pedido.

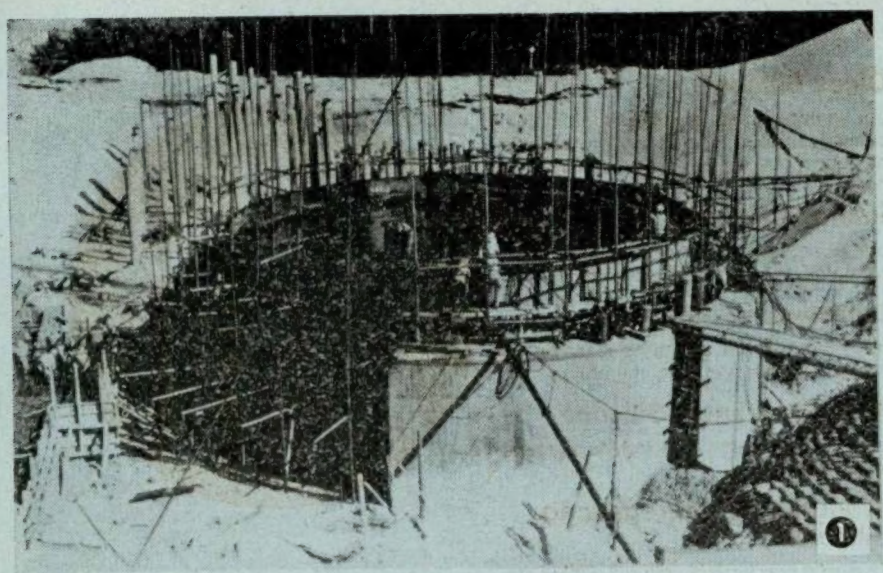
WACKER-CHEMIE GMBH MÜNCHEN
(Alemanha)

Representantes Gerais em Portugal
QUÍMICA HOECHST, LIMITADA
Rua Sá Da Bandeira, 651-1° · Porto

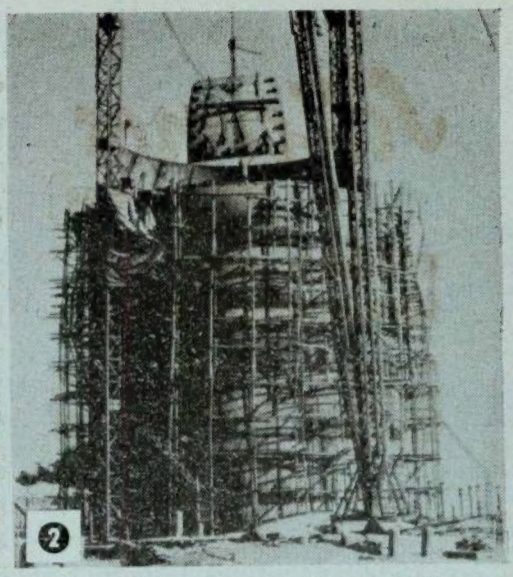
Representantes Gerais no Brasil
HOECHST DO BRASIL
Química e Farmaceutica S.A
Rua Sá Freire, 58 · Rio de Janeiro

S 2061

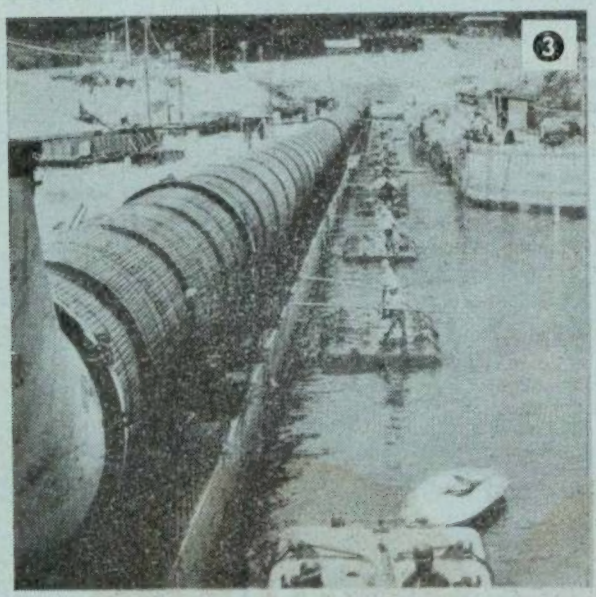
WACKER



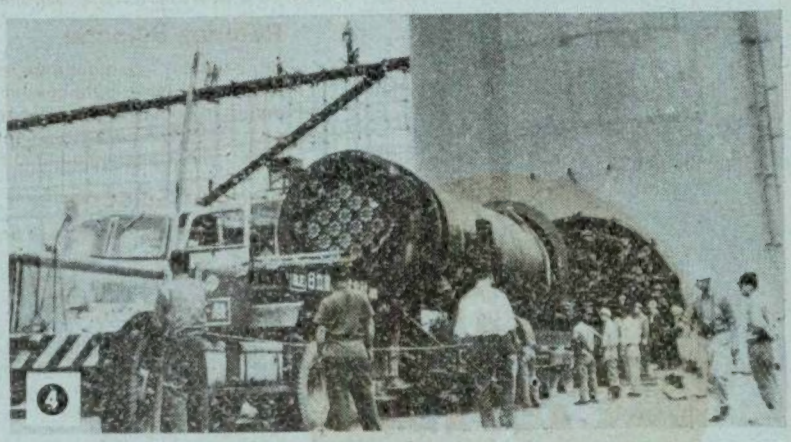
❶



❷

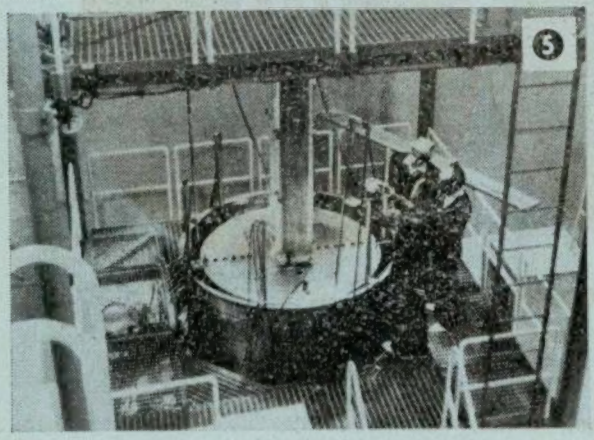


❸



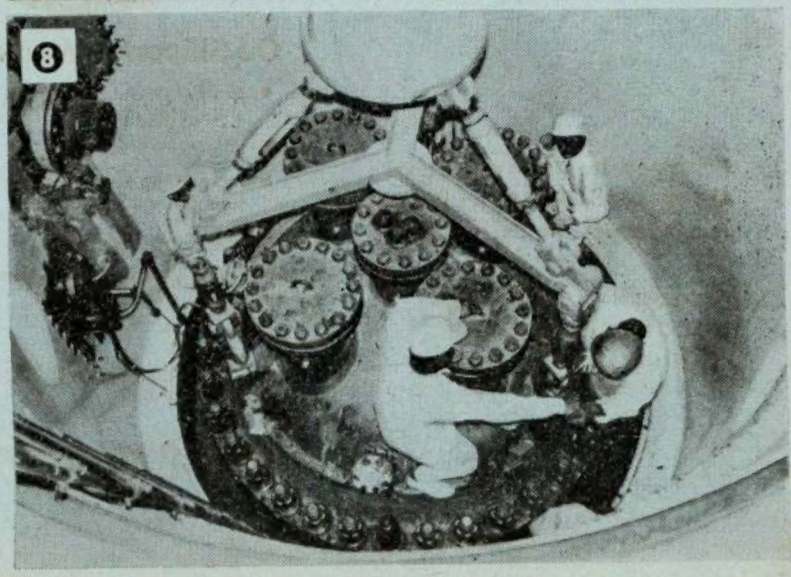
❹

❻

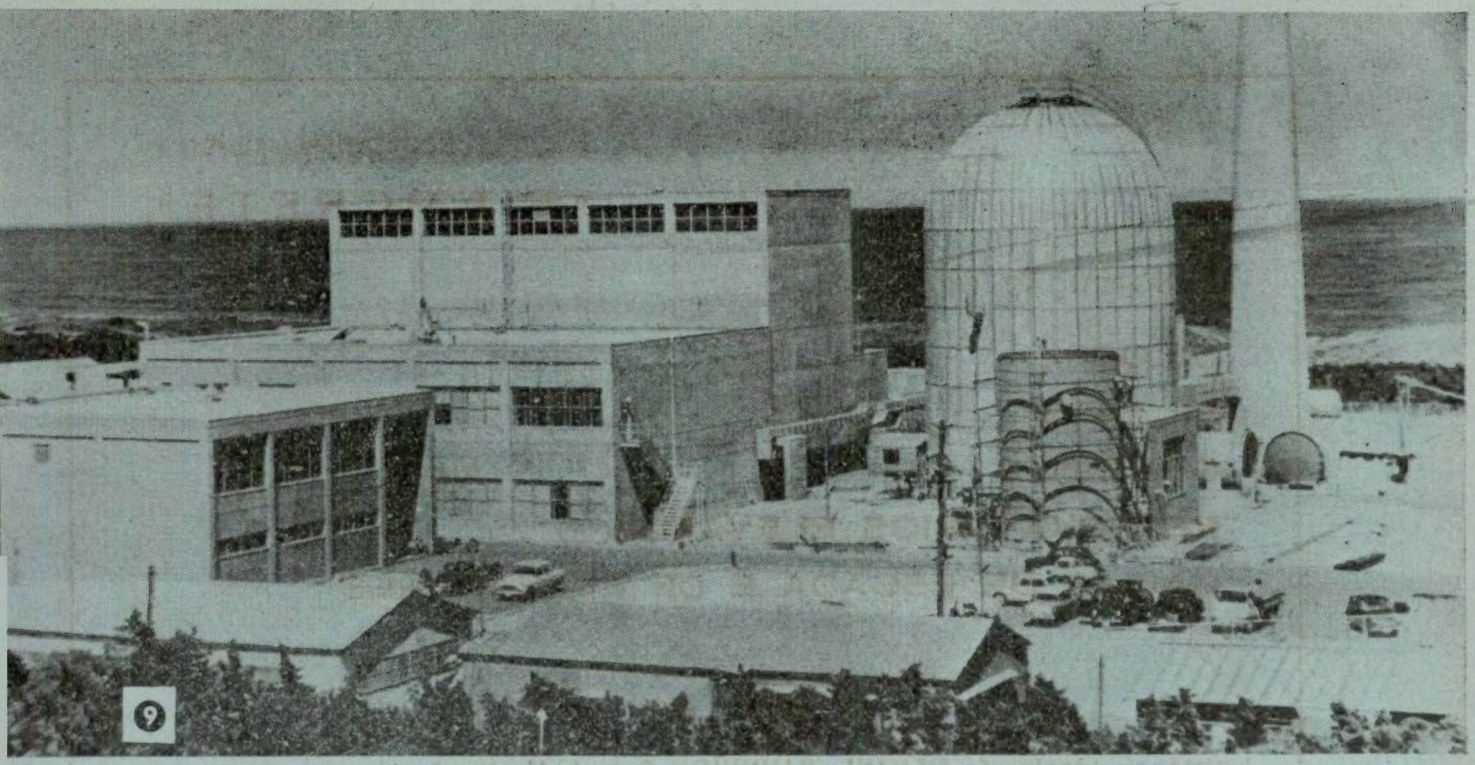


❺

❼



❽



O reactor G-E em Tokai-mura inicia a reacção em cadeia

No dia 22 de Agosto, às 3 horas e 40 minutos (T. M. G.) a primeira central atómica no Extremo Oriente iniciou a sua primeira reacção em cadeia. É a central da «Japan Power Demonstration Reactor» (JPDR) que pertence ao Instituto Japonês de Pesquisas de Energia Atómica (JAERI). Utiliza um reactor de água fervente (12,500 kWe) construído pela General Electric Japonesa, Lda. uma subsidiada pertencente inteiramente à Companhia General Electric (E. U. A.).

A central está situada no Centro de Pesquisas em Tokai-mura, a 75 milhas a nordeste de Tóquio, um centro de desenvolvimento nuclear que já possui vários reactores experimentais. Será utilizado pela JAERI para pesquisas e desenvolvimento nucleares, e também para a produção de energia.

O reactor de água fervente G-E é do tipo de ciclo-directo com sistema de arrefecimento natural. Utiliza um combustível de dioxido de urânio levemente enriquecido, sob a forma de elementos nucleares, fabricados pela General Electric.

Para preparar a exploração do JPDR, 16 membros da JAERI visitaram a sede do centro de estudos de energia atómica da General Electric na Califórnia durante nove semanas. Depois do regresso ao Japão, continuaram o seu treino no JPDR, sob a supervisão do pessoal da G-E.

A General Electric *poder-lhe-á* fornecer uma central do tipo BWR, correspondendo às suas necessidades, incorporando a combinação óptima das várias características das centrais de hoje tais como sistema eliminador de pressão e separação interna do vapor. Para os detalhes e mais informação sobre outros serviços e produtos atómicos G-E contacte a General Electric Portuguesa, Rua do Norte, 5, Lisboa ou escreva para *International General Electric Company, Dept. 30-33 TC, 159 Madison Avenue, New York, N. Y. 10016, E. U. A.*

A central da «Japan Power Demonstration Reactor» (JPDR: 12,500 kWe) no Centro de Pesquisas em Tokai-mura, a 75 milhas a nordeste de Tóquio que pertence ao Instituto Japonês de Pesquisas de Energia Atómica (JAERI) tendo sido empreiteiro principal a General Electric Japonesa Lda. uma subsidiada da General Electric Co. E. U. A.

Projectistas da central — Ebasco Services, Inc.; Plano e construção do reactor e fabrico de combustível nuclear: Departamento de Energia Atómica da General Electric. Serviços complementares: Hitachi, Ltd.; Construções Kajima; Grupo Industrial Nuclear Nipónico do qual são companhias associadas as Indústrias Pesadas Toshiba e Ishikawajima-Harima Co. Ltd.

❶ *Setembro 1961*. As fundações, depois de completas, e início da montagem do cilindro de aço que contém o reactor BWR de ciclo directo com sistema de arrefecimento natural.

❷ *Dezembro 1961*. Um guindaste coloca os últimos conjuntos do cilindro protector do reactor.

❸ *Junho 1962*. A Companhia de Energia Atómica Japonesa (JAPC) construiu e colocou o «intake pipe». Aqui os técnicos colocam parte do «pipe» em parte do canal de fornecimento.

❹ *Julho 1962*. Núcleo do reactor ao ser descarregado para o edifício do reactor.

❺ *Outubro 1962*. Dentro do «Light Water Critical Assembly» (LWCA), perto da JPDR. Construído para a JAERI pela G-E., começada em Agosto 1962. Operado até 200 watts para obter dados sobre combustível para a JPDR.

❻ *Novembro 1962*. Dentro do edifício do turbo-gerador. O Gerador a ser montado.

❼ *Dezembro 1962*. A sala de controle principal.

❽ *Junho 1963*. Dentro do edifício do reactor, o núcleo do reactor.

❾ *Agosto 1963*. Montagem terminada. Edifício administrativo à esquerda, em frente, e edifício da turbina atrás.

Progresso é o Nosso Produto Principal

GENERAL ELECTRIC

U.S.A.

Moldes deslizantes sistema

«SIEMCRETE»

CONSTRUÇÃO DE

SILOS

PILARES

CHAMINÉS

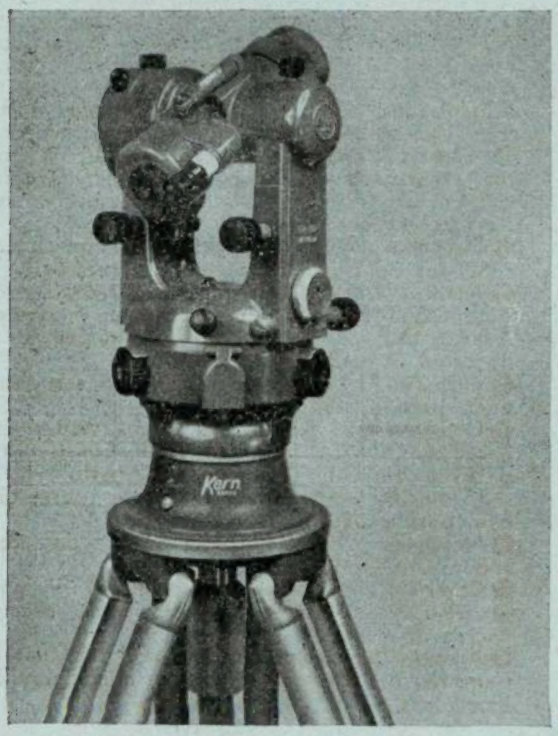
RESERVATÓRIOS ELEVADOS

CAIXAS DE ESCADA E DE ELEVADORES

Assistência técnica de SIEMENS - BAUUNION G. m. b. H. (Munique)

Licenciados em exclusivo para Portugal:

AGROMECÂNICA, LDA. — Rua Rodrigo da Fonseca, 62, r/c D. — LISBOA 1



DK_RV

Um novo taqueómetro auto-reductor para mira vertical de maior precisão

Grande precisão: êrro médio de ± 3-5 cm/100 m.
Fácil leitura da mira: nenhuma curva, sòmente dois traços direitos de medição e leitura.
Leitura do circulo: exactidão de minuto sem micrómetro ou exactidão do segundo com micrómetro.
Outras caracteristicas: tripé de centragem, movimento do circulo com fixação expedita, iluminação electrica regulável.

O DK-RV é usado com vantagem sempre que com o emprego da mira vertical se pretende a precisão até hoje não atingida.

Kern & Co. S.A. Aarau Suiça

Representantes para Portugal:
E. de Azevedo Campos & Cia., Lda.
Rua Santo António, 137, Porto
Rua Antero de Quental, 17, Lisboa

C. D. U. 539.413 : 539.

FLEXÃO SIMPLES

Contribuição para a apresentação do cálculo em relação à rotura (Fase III)

POR G. FARIA DE VASCONCELLOS
(ENG. CIVIL)

(Conclusão)

3 — CÁLCULO EM RELAÇÃO À ROTURA DOS ESFORÇOS RESISTENTES

3.1 — Este cálculo consiste fundamentalmente em dimensionar a secção por forma a que lhe corresponda um momento de rotura «M_R», que seja «n» vezes maior que o momento solicitante «M» devido às cargas de serviço, sendo «n» o coeficiente de segurança, (coeficiente global de segurança).

$$M = \frac{M_R}{n} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 27)$$

Expressando-nos de outro modo, empregando aliás a definição que julgamos ser mais consentânea com a realidade, diremos que o cálculo à rotura consiste em dimensionar uma secção, por forma a que a esta corresponda um momento de rotura M_R igual a um momento fictício solicitante M_R, devido às cargas de cálculo, isto é, às de serviço multiplicadas pelo coeficiente global de segurança «n».

Ou ainda, por outras palavras, consiste em dimensionar a secção por forma a que lhe corresponda um momento fictício de rotura «$\overline{M}$» igual ao momento solicitante «M», para a hipótese de ser $\overline{\sigma_b}$ uma tensão fictícia de rotura do betão e $\overline{\sigma_a}$ uma tensão fictícia de cedência (ou escoamento, como dizem os brasileiros) do aço, isto é:

$$\overline{\sigma_b} = \frac{\sigma_R}{n} \quad e \quad \overline{\sigma_a} = \frac{\sigma_e}{n} \quad . \; . \; . \quad (F\ 28)$$

sendo σ_R a tensão de rotura do betão e σ_e a tensão de cedência do aço e «n» o coeficiente global de segurança acima mencionado. No cálculo clássico, como vimos, dimensionávamos a secção por forma a que, trabalhando no «Estádio II», neste se realizasse o equilíbrio entre o momento solicitante e o momento resistente; no cálculo à rotura, graças ao coeficiente de segurança «n», as peças trabalham também em Fase II, embora sejam calculadas em relação ao que se passa em Fase III.

3.2 — No nosso trabalho seguiremos de perto, dum modo geral, o chamado «método brasileiro» ou do Prof. Langendonck, visto ser aquele que, certamente, apresenta maior base de aplicação experimental, aliada à justificação teórica plenamente satisfatória e sucessivamente confirmada, a par de uma segurança sobejamente reconhecida; tem ainda a vantagem de estar amparado e regulamentado (e aconselhado...) de modo tão acessível, na criteriosa, actualizada e bem elaborada NB-1/1960. No entanto, não deixaremos de assinalar que existem pelo menos umas três dezenas de processos de cálculo em relação à rotura dos esforços internos resistentes, verificando-se porém, que os resultados obtidos, pela aplicação destes diferentes métodos, não apresentam, no aspecto prático, diferenças importantes; se numa hipótese-base aparece uma diferença sensível entre este e aquele processo, logo adiante, noutra hipótese, surge a compensação.

Mais importante ainda se torna frizar que, pràticamente, o processo brasileiro está implicitamente aprovado nas últimas recomendações (reunião de Viena de 1959) do Comité Européen du Beton, apenas havendo diferenças no emanente ao estabelecimento da fronteira entre peças sub e super-armadas; aliás, no presente trabalho, como oportunamente se verá, propõe-se que se proceda neste assunto de acordo com essas recomendações, e com a orientação já iniciada em 1957 pelo Prof. A. Moreira da Rocha (Est. Nov. 1957).

3.2.1 — O cálculo em relação à rotura de peças sujeitas à flexão simples é feito como se induz no nome, em relação à Fase III e baseia-se (*processo brasileiro*) em:

1.º: Admite-se, para cálculo, que por ocasião da rotura, as tensões de compressão se distribuem uniformemente na zona comprimida isto é, com um diagrama rectangular, sendo esta tensão constantemente igual a σ_R.

2.º: Admite-se que o aço trabalha em regimen elástico até ser atingido o limite de cedência σ_e, real ou convencional, e que, a partir deste limite, a tensão no aço será constante e igual a σ_e.

3.º: Impõe-se o coeficiente de segurança «n», a que se aludiu em (3.1).

4.º: Admite-se que a capacidade resistente do betão à tracção, não colabora na resistência da peça, comportando-se assim como nula.

5.º: Admite-se a hipótese de «Conservação das Secções Planas» (hipótese de Bernouilli).

6.º: Admite-se que o encurtamento unitário do betão, seja ele qual for, por ocasião da rotura, tem o valor *convencional* de 1,50 mm/m.

Detenhamo-nos um pouco em torno destas bases; vejamos:

3.2.1.1 — **Diagrama das tensões**: Admite-se en-

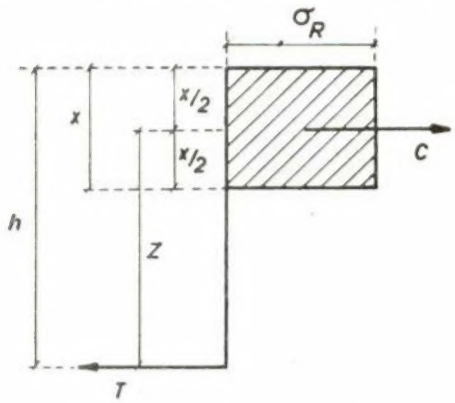


Fig. 14 — *diagrama de cálculo*

tão que a armadura está a uma tensão igual ou menor que a tensão de cedência e que o betão está na zona comprimida sob a tensão constante σ_R, ou seja, um diagrama rectangular na zona comprimida que desaparece na zona tendida (o betão não trabalha à tracção), para reaparecer na armadura.

Note-se que o diagrama real é diferente deste e cada autor apresenta o seu; o próprio Prof. Telemaco van Langendonck toma como real o diagrama patente na fig. 15, cuja variação, ao longo da zona comprimida, é afim ao diagrama de deformação obtido em provetes cilíndricos por compressão axial; no entanto, para efeitos de cálculo, considera como acabamos de dizer, a plastificação completa e uniforme, isto é, adopta o diagrama rectangular. Aliás, na reunião de 1959 do C.E.B. (Comité Européen du Beton), de-

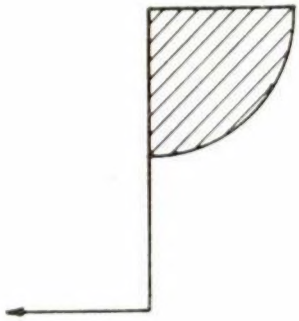


Fig. 15 — *diagrama teórico*

pois de há muito se vir discutindo a forma a adoptar para o diagrama de compressões, chegou-se à conclusão que o diagrama rectangular era o mais indicado, não só por ser o mais prático, como também por fornecer resultados a bem dizer exactos, em face do que se pode e deve exigir no dimensionamento das peças duma estrutura.

Note-se, a propósito, que pràticamente, o que nos interessa é o valor e a posição da resultante «C» das compressões, ou melhor ainda: o valor de $M = Cz$; ora este produto pouco variará com a forma do diagrama, pois que se a um corresponde um valor «C» e um certo «z», a outro corresponderá um «C» menor e um «z» maior, havendo assim uma certa compensação, e deste modo, a aludida variação não terá, verdadeira e objectivamente, interesse palpável, aliás como os factos o demonstram.

Mais adiante, em (3.2.1.6), voltaremos a referir-nos, de modo particular, ao diagrama rectangular.

3.2.1.2 — **Tensões de rotura σ_R e de cedência σ_e**: Tal como em qualquer outro material, que rompe sem sofrer grandes deformações, o critério de resistência do betão relacionar-se-á com a rotura. No aço, que é um material dúctil, apresentando deste modo um grande patamar de cedência, (bastará dizer que nos aços correntes, este é cerca de dez vezes maior que a máxima deformação elástica) e que assim, antes de romper, sofre grandes deformações, o critério de resistência relacionar-se-á com a tensão de cedência; deste modo, o coeficiente de segurança incidirá,

sobre a tensão de rotura σ_R do betão, e sobre a tensão de cedência σ_e do aço. Se for possível determinar esta última com clareza, como no aço corrente (CA 37), toma-se o «valor real», correspondente ao início da cedência, valor que neste aço se admite ser de 2400 kg/cm2 e corresponde ao alongamento unitário $\varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E} = \frac{2400}{2\,100\,000} = 1{,}143$ mm/m; quando tal valor não pode ser claramente definido, como acontece nos aços torcidos, toma-se o valor convencional σ_e da tensão à qual corresponde o alongamento unitário permanente ε_p de 2,00 mm/m, substituindo-se, como recomendou o C.E.B. em 1956, para fins práticos, o diagrama tensões-deformações, do aço, real pelo convencional, tal como se indica na figura 16.

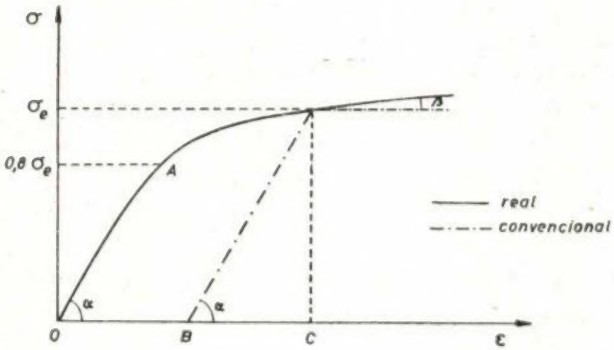


Fig. 16

$t_g\alpha = E$
$t_g\beta = 10\,\sigma_e$
$\overline{AO}$: recto
$BC = \varepsilon_e$ (elástico)
$OB = \varepsilon_p = 2.00$ mm/m (permanente)

Assim o alongamento elástico unitário para um aço T 40 (Heliaço ou Tor) será, no início da cedência «convencional»,

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E} = \frac{4.000}{2.100.000} = 1{,}905 \text{ mm/m}$$

visto que ao alongamento permanente de 2,0 mm/m corresponde a tensão 4.000 kg/cm², e também porque o módulo de elasticidade se mantém pràticamente inalterado; (a torsão a frio do aço macio não altera o valor de E, apesar de elevar os limites de cedência e de rotura, este em menor proporção, e de diminuir o alongamento de rotura). Contudo, frizemos, o alongamento total, por ocasião do início da cedência convencional será

$$\varepsilon_t = 2{,}0 + \frac{\sigma_e}{E} = 3{,}905 \text{ mm/m.}$$

Assim para efeitos de cálculo, a *«resistência mínima característica»* do aço será a tensão σ_e de cedência, real ou convencional, conforme o caso.

A tensão de rotura σ_R adoptada para o betão, que em qualquer caso, como impõe a NB-1, (estamos a cingir-nos ao processo brasileiro) não deverá ultrapassar o valor de 220 kg/cm², é uma fracção da tensão «cilíndrica» aos 28 dias, de tal modo que a probabilidade de se obterem valores superioros a σ_R é de 95 %; para que isso aconteça toma-se a expressão

$$\sigma_R = (1 - 1{,}65\ v)\ \sigma_{cil.} = f\ \sigma_{cil.}$$

onde «v» será o coeficiente de variação, entendendo-se por coeficiente de variação a relação entre o desvio padrão e o valor médio; o desvio padrão por sua vez, é a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre cada valor individual e o valor médio; «f» será o factor de homogeneidade. Assim, esta redução da resistência cilíndrica média prevista, é uma operação bastante importante, pois ela serve para salvaguardar a falta de homogeneidade do material e definir a *«resistência mínima característica»*. Normalmente nos projectos, toma-se $f = 0{,}75$ pois que se admite ser a obra «controlada rigorosamente» isto é, segundo a NB-1, que seja assistida por engenheiro, e que todos os materiais sejam medidos em peso e a humidade dos inertes seja determinada frequentemente por métodos precisos. Para «controle razoável» (cimento medido em peso, inertes em volume, humidade determinada frequentemente por métodos precisos) e para «controle regular» (cimento medido em peso, inertes em volume e humidade simplesmente estimada), a NB-1 determina para factor de homogeneidade respectivamente $f = 0{,}67$ e $f = 0{,}60$; quando for conhecido o coeficiente de variação em pelo menos 32 corpos de prova, toma-se $\sigma_R = (1 - 1{,}65\ v)\ \sigma_{cil.} \leqslant 0{,}80\ \sigma_{cil.}$; será oportuno informar que o Dr. Eng. Lobo Carneiro, no I.N.T. encontrou para «v» valores entre 12 % e 17 % quando de controle razoável e para controle regular, valores entre 19 % e 23 %.

Chamamos agora a atenção para que a maio-

ria dos autores e processos aprovados, toma geralmente para σ_R, valores maiores do que os preconizados pela NB-1, isto é, são menos exigentes na redução de $\sigma_{cil.}$.

Esclareça-se, por outro lado, que a equivalência entre a tensão «cilíndrica», obtida em ensaios de compressão simples sobre provetes cilíndricos de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura e a tensão de rotura «cúbica», obtida na compressão simples de provetes cúbicos de 20 cm de aresta, é tal que $\sigma_{cil.}$ é 0,80 a 085 de $\sigma_{cub.}$ (Como se sabe, a rotura de provetes, por compressão axial, depende, devido a fenómenos de plasticidade, deformação, aderência aos pratos da máquina, etc., da forma e dimensões daqueles).

Como já dissemos, o diagrama teórico de compressões duma secção duma peça flectida, aliás como é preceituado na maioria dos métodos, é afim ao diagrama obtido em ensaios de compressão simples, isto é, que a relação entre as tensões e deformações de cada fibra é a mesma que se verifica em provetes sujeitos àquela solicitação e não, como nos processos de Rüsch e de Maillart, nos quais não há qualquer afinidade com o diagrama de compressão axial; na realidade isto afigura-se-nos mais lógico, embora tal não se repercuta de modo objectivamente prático nos resultados obtidos no dimensionamento das peças duma estrutura. Frizemos que o diagrama teórico recomendado (Madrid—1956) pelo C.E.B., é também um diagrama afim ao diagrama de compressão axial obtido em provetes cilíndricos com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, isto é, como na NB-1.

Assim, entre o C.E.B. e a NB-1, há identidade de critério quanto ao diagrama teórico e ao diagrama de cálculo, aliás como em quase tudo.

3.2.1.3 — **Coeficiente global de segurança:** O coeficiente global de segurança será o produto de vários factores que podemos agrupar em: factor de minoração de resistência da peça, factor de majoração de cargas e factor de condições de utilização. O primeiro destes, que pretende atender às imperfeições de execução, toma geralmente o valor 1,18; o segundo, que será o factor de segurança própriamente dito, toma geralmente o valor 1,40 e tem por objectivo imediato a não inutilização da estrutura, conduzindo assim a que nas peças nunca se dê a rotura do betão comprimido, nem a cedência da armadura; o terceiro, nos casos vulgares de solicitação, incluíndo por isso os edifícios, é igual à unidade, tomando no entanto o valor 1,20 em casos especiais de funcionamento da estrutura, devidos, quer à fadiga provocada por cargas dinâmicas repetidas (como são as cargas móveis nas pontes), quer à acção prejudicial de agentes externos (ácidos, alcalis, águas agressivas, óleos e gazes nocivos, altas e baixas temperaturas). Assim, nos casos correntes, o coeficiente global de segurança terá o valor $n = 1{,}18 \times 1{,}40 \times 1{,}00 = 1{,}65$; quando se derem quaisquer daquelas condições especiais de funcionamento, será $n = 1{,}18 \times 1{,}40 \times 1{,}20 = 2{,}00$ o coeficiente global. Mais ainda: quando, empregando aços torcidos, se não se observarem determinados valores de percentagem de armadura, dever-se-à entrar com um factor para a fissuração excessiva; de um estudo e circular publicada em 1958 pelo nosso L.N.E.C., que teve verdadeira repercussão internacional, podemos concluir que esse factor toma nos casos correntes o valor 1,20 e nestas condições, o coeficiente global será $n = 1{,}18 \times (1{,}40 \times 1{,}20) \times 1{,}00 = 2{,}00$; quando a altura da viga (ou espessura da lage) for inferior a 8 cm, dado que as dificiências de execução têm maior repercussão, propõe-se, que o factor de minoração de resistência da peça, seja elevado para 1,3 e assim o coeficiente global será: $n = (1{,}1 \times 1{,}18) \times 1{,}40 \times 1{,}00 = 1{,}80$. Naquela circular conclui-se então que, empregando aços de alta resistência com tensão de cedência convencional igual ou superior a 4.000 kg/cm², ter-se-à de garantir determinada segurança quanto à fissuração excessiva, que assim é considerada quando pelo menos 90 % das fissuras não forem inferiores a 0,2 mm, o que equivale a não permitir que a largura média das fendas seja superior a 0,13 mm, (a NB-1, art. 86, determina que sob as cargas actuantes **nunca** se observem fissuras com abertura superior a 0,2 mm). É óbvio que as secções, trabalhando em Fase II, têm sempre fissuras no betão tendido, mas, com o emprego de aço vulgar com $\sigma_e = 2.400$ kg/cm² e até mesmo com $\sigma_e = 3.000$ kg/cm² e utilizando o coeficiente de segurança 1,65, pràticamente, as tensões instaladas nunca são de molde a provocar a fissuração excessiva; entretanto, com o emprego de aços torcidos de alta resistência, e apesar da maior aderência e da

consequente e substancial melhor distribuição de fendas, a possibilidade da armadura trabalhar a elevadas tensões elásticas permite que o betão na zona tendida, (repita-se que se está em Fase II), seja «arrastado» por aquelas e apresente assim fendas com abertura exagerada o que nos obriga a atender com maior cuidado à questão da fissuração; deste modo, se admitirmos o mesmo coeficiente de segurança para o aço e para o betão, o valor 1,65 mencionado, só poderá ser aplicado desde que os diâmetros dos varões, para aços com $\sigma_e = 4.000$ kg/cm² (Heliaço ou Tor), sejam menores que 32 mm, salvaguardando ainda, que para percentagens inferiores a 0,7 %, os diâmetros deverão ser inferiores a 20 mm; para aços com $\sigma_e = 5.000$ kg/cm² os valores mencionados serão respectivamente substituídos por 20 mm, 1 % e 13 mm; em casos em que se saia destas condições ter-se-à de entrar com o factor 1,20 e assim o coeficiente global será n = 2,00. Por exemplo: se tivermos uma percentagem inferior a 0,7 % e um aço T-40 o diametro dos varões deverá ser inferior 20 mm, a não ser que tivéssemos utilizado o coeficiente de segurança global n = 2,00; este será também o valor a tomar se empregarmos um aço T-50 numa percentagem inferior a 1 % e utilizarmos diâmetros superiores a 13 mm. Nesta mesma circular vem expresso que para tensões de segurança superiores a 3.000 kg/cm², o que corresponde à tensão de cedência de 5.000 kg/cm², e usando betão normal, o fendilhamento torna-se excessivo. Depois destas considerações, será fácil adaptar ao cálculo à rotura o que vem sobre aços especiais, a pags. 43 da 4.ª edição das tabelas de Vasco Costa, acerca destas limitações de diâmetro, consoante as percentagens; aliás, os valores nelas expressos, são também função da espessura da peça, o que está em acordo com o aumento para 1,30 do factor de minoração a que se alude atrás. Para finalizar e completar estas sumárias considerações sobre fissuração cumpre-nos agora referir qual é o critério da NB-2 (regulamento brasileiro para o cálculo e execução de pontes de betão armado): *«item 61: Nos casos em que forem empregadas armaduras de aço 50 CA ($\sigma_e = 3.000$ kg/cm²), CA-T 40 ($\sigma_e = 4.000$ kg/cm²) ou CA-T 50 ($\sigma_e = 5.000$ kg/cm² é necessário demonstrar a segurança da peça contra a fissuração nociva, segundo as condições impostas no final do item 86 da NB-1»* (isto é, como já dissemos, que sob a acção das cargas actuantes nunca se observem fissuras com abertura superior a 0,2 mm); *«dispensa-se esta demonstração se o diâmetro das barras, expresso em centímetros, for inferior ou no máximo igual a 300 λ»... «Nos casos de armadura constituídas por barras de diâmetros diferentes, por feixes de barras, ou por barras de secção não circular, considerar-se-á como diâmetro das barras, para efeitos deste item, o valor* $\phi = 4\,\frac{S_a}{u_t}$. *Quando as barras de armadura de tracção, que não tiverem sido dobradas para resistir ao esforço cortante, forem prolongadas até ao apoio ou à zona de compressão e ai ancoradas, basta verificar se o diâmetro das barras satisfaz o limite estabelecido neste item, nas secções mais solicitadas (vãos e sobre os apoios). Nos casos em que o diâmetro for superior ao limite estabelecido neste item, poder-se-à também dispensar a demonstração de segurança contra a fissuração desde que os coeficientes de segurança sejam convenientemente aumentados, inclusivé para o cálculo das barras dobradas destinadas a resistir aos esforços de tracção oriundos da força cortante. O factor de aumento do coeficiente de segurança será pelo menos igual à raiz quadrada da relação entre o diâmetro adoptado e o diâmetro limite definido neste item».* Quer dizer, empregando aço CA 50 ou T-40 ou T-50 sempre que o «parâmetro de fissuração» $\frac{\lambda}{\phi}$ seja superior a 300 cm, o coeficiente de segurança «n» deverá ser aumentado para «n_1» tal que:

$$n_1 = n\sqrt{\frac{\phi/\lambda}{300}}$$

Por sua vez, o C.E.B. fixa que a fissuração é admissível desde que

$$\frac{\phi}{\lambda_t} < \frac{\alpha}{\sigma_a\,(0{,}4 + 4{,}5\,\lambda_t)}$$

em que λ_t é a percentagem referida a uma secção de betão de envolvimento, isto é, em que a largura é a mesma da secção total e em que a altura é tal que a armadura ocupe o c. g. dessa secção; α toma o valor de 42.000 kg/cm² para aços lisos e 66.000 kg/cm² para aços com mossas ou saliências; note-se, que esta maneira de encarar a percentagem de armadura, com vistas à fissuração, sendo a mais actualizada, é sem dúvida a mais intuitiva e lógica.

3.2.1.3.1 — **Recapitulando**: a falta de homogeneidade na qualidade dos materiais é salvaguardada através da «resistência mínima característica» (no aço a cedência σ_e, no betão a rotura σ_R) como se disse já em «3.2.1.2»; a imperfeição na execução das peças, desde que esta não seja devida a erros grosseiros, é atendida no factor de minoração de resistência da peça; a segurança pròpriamente dita, isto é, a que intenta a boa conservação e utilização da estrutura, é atendida no factor de majoração de cargas; a fissuração excessiva é atendida no factor respectivo; a falta de coincidência entre as hipóteses de cálculo e a realidade, desde que não se deva a falta de critério, será atendida no factor de majoração já mencionado, além de o ser também, de certo modo, através da fixação do valor das cargas regulamentares; a diminuição da capacidade resistente devida a desgaste, será atendida no factor de utilização. Nos casos correntes, o coeficiente global terá o valor de 1,65.

Antes de terminarmos estas considerações sobre o coeficiente de segurança, frizemos que na NB-1, tal como nos outros processos, aquele, não depende da natureza das cargas, salvo no que diz respeito ao emprego do factor de utilização. Os russos, no entanto, fazem depender o coeficiente de segurança, da relação entre cargas permanentes e acidentais, o que representa um paralelismo com a actual evolução do conceito de segurança.

3.2.1.4 — **Resistência nula do betão à tracção**: Muito embora o betão tendido possa contribuir para a resistência total, como afirmam Steurmann, Guerrin, Lash (este cifra essa contribuição entre 5 a 10 %), a maioria dos autores e os ensaios, confirmam que a contribuição do betão tendido para a resistência total da peça é francamente desprezável; aliás, é esta a posição actual, pois que o C.E.B. na reunião de 1956 em Madrid, propõe precisamente que é assim que se deve considerar, o que acaba por nos colocar mais à vontade, aumentando ligeiramente a segurança.

Talvez seja por esta razão e por não se considerar nem a deformação transversal (a zona não comprimida contraria a dilatação transversal de zona comprimida), nem o cintamento efectuado pelos estribos e possìvelmente ainda outros factores, que, dum modo geral, o momento de rotura observado em ensaio, é quase sempre maior que o momento de rotura calculado. Da tese de Joaquim Sampaio, «Cálculo à rotura de peças sujeitas à flexão simples», através dum valioso grupo de 56 ensaios, pudemos concluir os valores que se seguem, tendo por objectivo a relação entre o momento de rotura calculado e o momento de rotura observado no ensaio:

Processo de Langendonck — apenas 1 resultado (1,8 %) maior que a unidade, (precisamente numa peça em que com todos os processos isso se verificou); o valor médio da relação referida foi de 0,83;

Processo de Stüssi — 3 resultados maiores que 1: 5,3 %; valor médio da relação: 0,85;

Processo de Granholm — idem;

Processo de Whitney — idem;

Processo de Jensen — 3 resultados maiores que 1: 5,3 %; valor médio da relação: 0,86;

Processo de Gebauer — idem;

Processo de Brandtzaeg — 3 resultados maiores que 1: 5,3 %; valor médio da relação: 0,87;

Processo de Jager — idem;

Processo de Coppée — idem;

Processo de Chambaud — 6 resultados maiores que 1: 10,7 %: valor médio da relação: 0,93;

Processo de Maillart — 7 resultados maiores que 1: 12,5 %: valor médio da relação: 0,94;

Processo de J. Sampaio — 8 resultados maiores qse 1: 14,3 %: valor médio da relação: 0,94;

Processo de Saliger — 12 resultados maiores que 1: 21.4 %: valor médio da relação: 0,94;

Processo de Guerrin — 28 resultados maiores que 1: 50,0 %: valor médio da relação: 1,01;

Processo de Steurmann — 35 resultados maiores que 1: 63 %: valor médio da relação: 1,03;

Podemos pois afirmar que, pelo menos para estes provetes e através deles, o processo mais seguro e cauteloso é o de Langendonck, e que os mais arriscados serão os de Steurmann e de Guerrin, isto é, os que entram com a capacidade de resistência à tracção do betão — os únicos, em que o valor médio da aludida relação, é maior que a unidade —. Salientemos que estes ensaios se referem a vários tipos de peças rectangulares, pois que as percentagens de armadura vão de 0,38 a 2,92 % e as relações entre σ_e e $\sigma_{pr.}$ de 9,8 a 13,3, o que é na realidade de considerar, se quisermos ter um aspecto geral e criar um ideia comparativa dos resultados dos diferentes pro-

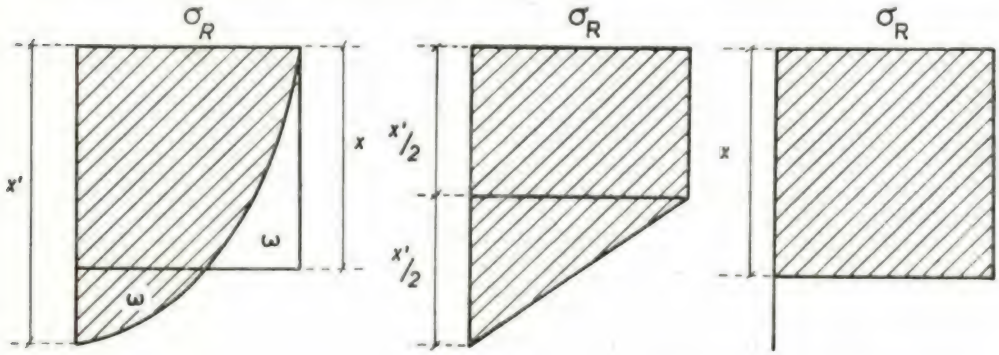
cessos; verificou-se que os valores de relação maiores que a unidade, se dispersam indistintamente, pelos vários tipos de secção, e portanto independentemente da posição da linha neutra. No entanto, **chamamos a atenção** para que, nos nove primeiros métodos acima apontados, se constatou que esses valores maiores que 1, se encontravam *precisamente* nas peças em que «s» era maior. A propósito informamos que recentemente o investigador húngaro Dr. Eng. Tibor Gyengo, nos ensaios (120 provetes) por ele realizados, verificou que, quanto menor era a percentagem de armadura e portanto, menor a profundidade da linha neutra, menor era a relação entre o momento calculado e o observado em ensaio (portanto maior a segurança da peça); verificou também que esta relação crescendo com o aumento de «s», tomava o valor à volta da unidade para $0{,}3 < s < 0{,}5$. Segundo o Dr. Gyengo, em tal facto, deve ter grande influência o «travamento» exercido na deformação transversal da zona comprimida pelo betão situado abaixo da linha neutra; frize-se que o processo do cálculo que ele utilizou, assenta sensìvelmente nas mesmas bases que o de Langendonck.

3.2.1.5 — **Hipótese de Bernouilli**: Os processos de cálculo dos esforços resistentes de flexão em relação à rotura podem dividir-se em três grupos: os que atendem ùnicamente às condições de equilíbrio estático entre as compressões e tracções actuantes em cada secção, como é por exemplo o de Whitney; os que, além deste equilíbrio, atendem a condições de compatibilidade na deformação, admitindo a Hipótese de Conservação das Secções Planas, como Langendonck e a maioria dos autores; por último os que, como Maillart, se fundamentam muito especialmente sobre dados laboratoriais. Os autores que adoptam a hipótese de Bernouilli, fazem-no mais por facilidade na explanação da teoria, que por outro qualquer motivo, e por se verificar que tal não traz inconvenientes insuperáveis. Mais adiante se verá onde e qual é a importância de se adoptar a referida hipótese.

3.2.1.6 — **Encurtamento convencional do betão**: O valor 1,50 mm/m adoptado para ε_b, e que na realidade é inferior ao real ε_R (este situa-se geralmente entre 3 e 4 mm/m), tem por fim compensar o facto de se admitir, para cálculo, que o diagrama de compressões é rectangular (portanto que a profundidade da linha neutra é menor) e que é válida a hipótese de Bernouilli.

O C. E. B. na reunião de Viena (1959) ao recomendar, para efeitos de cálculo, a substituição do diagrama teórico pelo diagrama rectangular, concomitantemente recomendou que a profundidade real x' da linha neutra fosse $x' = 1{,}33\ x$, sendo x a profundidade de l.n. no diagrama de cálculo. A este mesmo resultado já anteriormente tinham chegado o investigador do I. N. T. (Instituto Nacional de Tecnologia) do Brasil, Dr. Eng. F. Lobo Carneiro, em 1951, baseando-se em diagramas de ensaio, e em 1957 (Problemas especiais do dimensionamento do Concreto Armado) o Prof. A. Moreira da Rocha, ao considerar a substituição dum diagrama trapesoidal assimilável ao teórico, pelo diagrama rectangular.

Vejamos:



$$\sigma_R \left(\frac{x'}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{x'}{2} \right) = x\ \sigma_R$$

$$\frac{3}{4}\ x' = x$$

$$x' = 1{,}33\ x$$

(ω: áreas que se substituem entre si, ao passar-se do diagrama teórico para o de cálculo)

Fig. 17

consideremos agora :

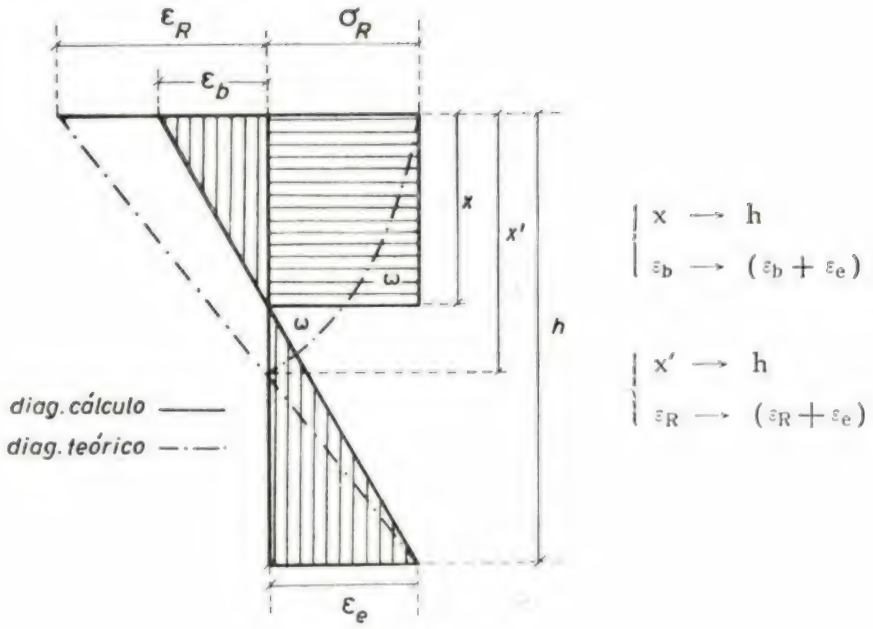


Fig. 18

$$x = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_e} h \qquad x' = h \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_R + \varepsilon_e}$$

fazendo $x' = kx$, será

$$h \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_R + \varepsilon_e} = h \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_e} k$$

$$\varepsilon_R (\varepsilon_b + \varepsilon_e) = k\varepsilon_b (\varepsilon_R + \varepsilon_e)$$

$$\varepsilon_b (\varepsilon_R - k\varepsilon_R - k\varepsilon_e) = - \varepsilon_R \varepsilon_e$$

$$\varepsilon_b (k\varepsilon_R + k\varepsilon_e - \varepsilon_R) = \varepsilon_R \varepsilon_e$$

$$\varepsilon_b = \frac{\varepsilon_R \varepsilon_e}{k(\varepsilon_R + \varepsilon_e) - \varepsilon_R} = \frac{\varepsilon_R \varepsilon_e}{k\varepsilon_e + \varepsilon_R (k-1)}$$

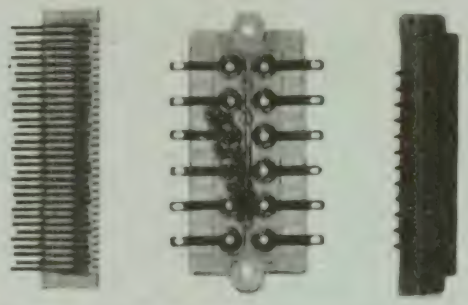
atendendo ao dito atrás: $x' = kx = 1{,}33\,x$, teremos que será :

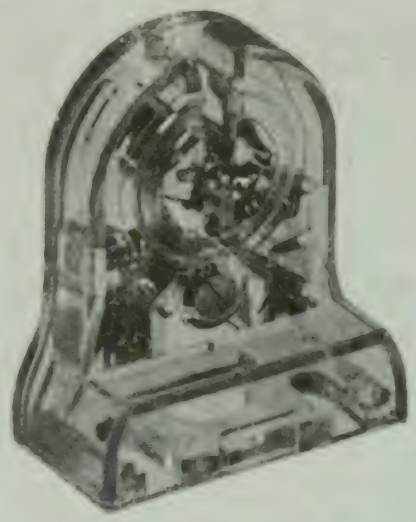
$$\boxed{\varepsilon_b = \frac{\varepsilon_R \varepsilon_e}{1{,}33\,\varepsilon_e + 0{,}33\,\varepsilon_R}} \quad \ldots\ldots \quad (F\,29)$$

Ora, o Eng.º Lobo Carneiro, através de ensaios,que também o levaram à conclusão de ser $x' = 1{,}33\,x$, achou que seria de tomar como ε_R o valor 3,8 mm/m; entrando com este valor na fórmula (F 29) e empregando o Aço 37 (no qual é $\varepsilon_e = 1{,}143$ mm/m) encontramos $\varepsilon_b = 1{,}566 \simeq \simeq 1{,}57$ mm/m. No entanto, se entrarmos com o valor $\varepsilon_R = 3{,}5$ mm/m, que foi precisamente o proposto pelo C. E. B. na reunião de Madrid (1956), encontramos exactamente $\varepsilon_b = 1{,}50$ mm/m. Acabamos de ver assim que o valor convencional do encurtamento, está de acordo com a substituição do diagrama teórico pelo rectangular, atendendo a que $x = 0{,}75\,x'$; note-se que raciocinamos empregando aço corrente, pois que com outros tipos, já não encontraríamos o valor $\varepsilon_b = 1{,}50$ mm/m. Nestes casos, recomenda o Prof. Aderson Moreira da Rocha, dever-se-á prescindir deste valor e trabalhar com um ε_b decorrente da substituição em (F 29) das letras pelos seus valores, para podermos continuar a calcular com o diagrama rectangular. Repetindo: **a expressão F 29 é a que nos dá o encurtamento unitário convencional do betão, tendo implícita a substituição do diagrama teórico pelo rectangular no qual é $x = 0{,}75\,x'$, como recomenda o C. E. B.**

Mais adiante, oportunamente, iremos constatar, que a adopção da Hipótese de Bernouilli e do valor convencional de ε_b, apenas tem influência na verificação das peças super-armadas (cujo emprego, aliás diminuto, é claramente desaconselhado) e no estabelecimento da fronteira entre aquelas e as sub-armadas; paralelamente veremos o que o C. E. B. recomenda a este respeito.

Sobre o alto nível de objectividade e justeza, de qualidade e suficiência, das recomendações do C. E. B., salientamos que Yves Saillard (Paris), Rossetti (Turin), Chambeud (Paris) e Gehler





Exito com MAKROLON® - o policarbonato da BAYER

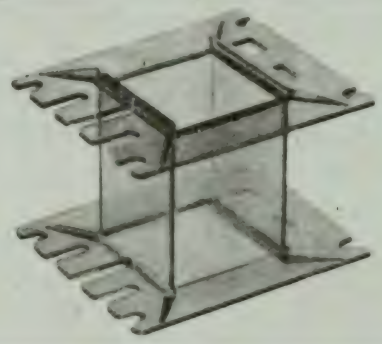
Sempre que se pretenda um material com excelentes propriedades mecânicas, tanto a temperaturas altas como baixas, com resistência ao calor até 137° C. positivos e ao frio até abaixo de 100° C. negativos, inalterabilidade das dimensões, resistência à corrosão, transparência e diminuta absorção de água, excelentes propriedades eléctricas que se mantêm constantes até à temperatura de aproximadamente 140° C., o industrial prefere o Makrolon, o policarbonato das Farbenfabriken Bayer.

Todas estas vantagens tornam este material especialmente valioso para os isolamentos eléctricos de protecção. Fabricam-se com ele peças de bobinas, barras de contacto, peças para interruptores e para tomadas de corrente, inumerando apenas algumas.

Estará bem aconselhado escolhendo o excelente policarbonato da Bayer.

Usar artigos plásticos de qualidade - significa bom gosto e economia!

2589



S.A.R.L. QUIMICOR, Representante em Portugal
Lisboa: Rua Sociedade Farmacêutica, 3, Tel. 555496 e 555893
Porto: Rua de Santos Pousada, 441, Tel. 54141

makrolon® 1863 BAYER 1963

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESIRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

Sede — LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C. P. 2178 — Tel. 4226

Delegação — LISBOA
R. S. Pedro de Alcântara, 1

L. MARQUES — C. P. 982
BEIRA — C. P. 1002

(Dresde), chegaram separadamente à conclusão que a «influência dispersiva das hipóteses de cálculo correspondentes às recomendações do C. E. B., era, em média, inferior à influência dispersiva dos materiais, betão e aço».

* * *

3.3 — É um facto científico indiscutível que o colapso das peças de betão armado, estejam elas forte ou fracamente armadas, se dá sempre com o esmagamento do betão, isto é, devido ao esgotamento da sua capacidade resistente, muito embora isso possa acontecer de modo directo ou indirecto. Será directo, quando o colapso se inicia pelo esmagamento do betão, como se verifica nas peças por definição chamadas **super-armadas**. Será indirecto nas peças **sub-armadas**, quer dizer, naquelas em que o colapso se inicia pela cedência da armadura; ou mais claramente, quando a a armadura entrar num regimen em que a deformação se dá, sem que, pràticamente, ela ofereça resistência, ou por outras palavras num regimen em que a deformação aumenta sob tensão pràtimente constante; como é natural, a deformação da armadura, ou melhor, da zona tendida, é acompanhada por deformação — encurtamento — da zona comprimida, mas aqui, com aumento de tensão (só o aço é que se encontra em cedência); este aumento atinge o valor de rotura, dando-se assim o colapso com o esmagamento de betão, estando a armadura em cedência; nestas peças, a linha neutra terá uma posição mais elevada que nas super-armadas, isto é, será maior o comprimento do braço de alavanca do binário interno, o que traduz a tendência natural do aumento do momento resistente para poder equilibrar o aumento do momento actuante. Nestas peças, o colapso, visto se iniciar pela cedência do aço é mais suave e observável (pelo aumento de fissuras) que nas peças super-armadas, onde chega a ser súbito e repentino (por isso mais perigoso), pois que se inicia pelo esmagamento do betão que é, como já se sabe, um material que rompe sem sofrer grandes deformações.

3.3.1 — Quer dizer, nas peças fortemente armadas, o colapso dá-se com o betão sob a tensão de rotura e a armadura em regimen elástico, portanto com desperdício desta, visto não ter sido aproveitada na sua plenitude; nas peças sub-armadas — que são as usuais — o colapso dá-se com o betão também sob a tensão de rotura, mas a armadura estará à tensão de cedência, portanto com uma maior «exploração» das suas qualidades. Como é lógico, haverá uma conjuntura em que o aço entre em cedência, ao mesmo tempo que se inicia o esmagamento do betão; chamamos a estas peças, peças **normalmente armadas** e nelas poderiamos dizer que o aproveitamento intrínseco (isto é, «físico») dos materiais, seria o mais equilibrado; isto não quer dizer que seja o mais económico, pois que para um dado estado, quanto menor for a quantidade de betão maior terá de ser a de aço e quanto menor for a armadura maior terá de ser a quantidade de betão. Assim, o equilíbrio mais económico entre a quantidade de ambos os materiais, certamente não necessitará da máxima exploração do betão, quer dizer, conduzirá ao emprego de secções maiores (mais altas) do que as mínimas possíveis.

A propósito, chamamos a atenção para o facto de que, em qualquer país ou época, as peças super-armadas são manifestamente anti-económicas, e as mais económicas se encontrarem na sub-armação; como é óbvio, o grau desta mais aconselhado, variará de região para região e de época para época; tanto assim é, que entre nós, por exemplo, em 1961 relativamente a 1960, como a mão-de-obra subiu, tornaram-se preferíveis peças com menos betão (e menos cofragem) isto é, com um grau de sub-armação menor; contudo em 1962, como aumentou o custo do ferro, aquele

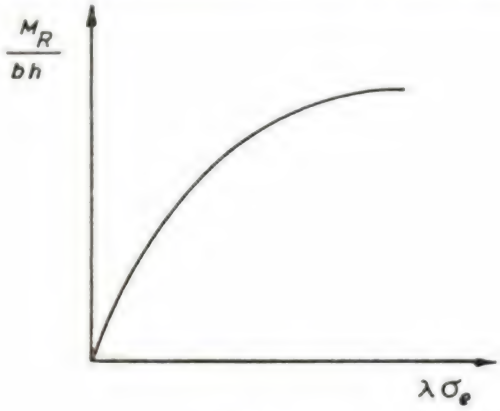


Fig. 19

grau de sub-armação já não é o mais conveniente, sendo portanto preferíveis peças com mais betão, isto é, com um grau de sub-armação maior que em 1961. É de referir que há autores que se pro-

nunciam clara e dràsticamente pela abolição ou melhor, não consideração, das peças super-armadas; aliás, na «super-armação», um acréscimo de armadura aumenta o momento de rotura em pouco, se o compararmos com o que acontece na sub-armação; e até, a partir de determinado valor, aquele momento permanece constante seja qual for a percentagem de armadura; neste caso, o acréscimo que esta possa sofrer, não trás qualquer aumento à capacidade resistente da peça (veja-se fig. 19).

* * *

3.4 — Vimos no método no clássico que a posição linha neutra, cujo conhecimento era imprescindível, nos era dada através do teorema dos momentos estáticos, e que para cada par de tensões instaladas (σ_a, σ_b) correspondia um valor «s». Vimos também que a uma secção «b, h, S_a» correspondia um valor «s» e que as tabelas se baseavam nestas concomitâncias. No cálculo à rotura, a determinação daquela posição depende do facto da secção ser sub ou super-armada; inclusivamente, esta situação ou característica será conhecida por comparação com o valor determinado (ou *fixado*) para a posição da linha neutra no caso de «armação normal».

Vejamos então:

Seguindo a hipótese de Bernouilli:

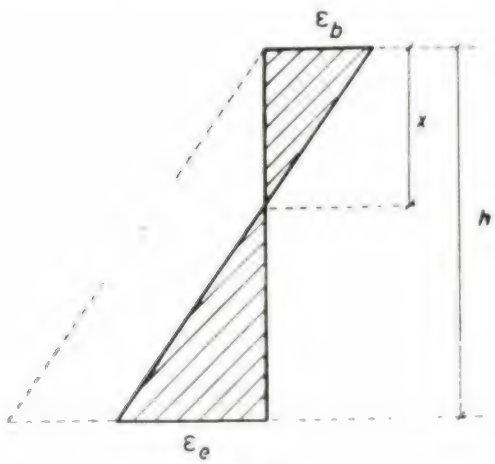


Fig. 20

$$\begin{matrix} x \longrightarrow \varepsilon_b \\ h \longrightarrow (\varepsilon_b + \varepsilon_e) \end{matrix} \qquad x = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_e}\, h \quad . \; . \; . \quad \text{(F 30)}$$

$$s = \frac{x}{h} = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_e} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \text{(F 31)}$$

Quer dizer, se o encurtamento unitário do betão, por ocasião da rotura, for ε_b e o alongamento unitário do aço, por ocasião do início da cedência, for ε_e, e estas se deram simultâneamente, a profundidade unitária «s» da linha neutra será dada por (F 31). Detenhamo-nos um pouco:

3.4.1 — Deste modo, continuando a seguir o critério de NB-1 e se utilizarmos o aço corrente CA-37, a peça será sub-armada sempre que seja

$$s < \frac{1{,}50}{1{,}50 + 1{,}143} = 0{,}568$$

$$\left(\begin{matrix} \text{valor convencional}: \varepsilon_b = 1{,}50 \text{ mm/m} \\ \text{valor real} \; . \; . \; . \; : \varepsilon_e = 1{,}143 \text{ mm/m} \end{matrix} \right)$$

e caso contrário, será super-armada; assim, a fronteira entre aquelas duas situações de armação, com CA-37, será para s = 0,568.

Ora sucede que o C.E.B., ao fixar, como já dissemos, o diagrama rectangular com $x = 0{,}75\,x'$ (ou $s = 0{,}75\,s'$), recomendou também que, empregando aços correntes, fossem consideradas super-armadas as peças nas quais se verificasse $s > 0{,}500$. Deste modo e **utilizando este tipo de aço**, deixou de ser necessário a consideração da Hipótese de Bernouilli e do valor convencional ε_b para fixarmos a fronteira entre super e sub-armação. Note-se que os russos no seu novo regulamento (N e Tu 123/55) definiram a fronteira em questão, impondo que o momento estático da zona comprimida, relativamente ao eixo que passa pelo c.g. da armadura, é menor ou

$$\left[\begin{matrix} bx\left(h - \frac{x}{2}\right) = 0{,}80\; bh\frac{h}{2} \\ 0{,}5\; x^2 - hx + 0{,}4\; h^2 = 0 \\ x = 0{,}552\; h \end{matrix} \right]$$

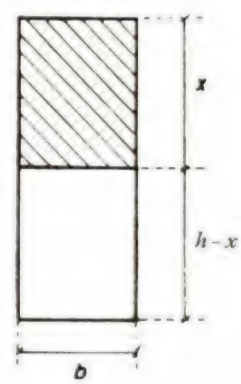


Fig. 21

igual que 0,80 do momento estático total da secção, relativamente ao mesmo eixo; assim segundo este regulamento e empregando aço corrente (ou melhor, aços não endurecidos por torsão a frio) a simultaneidade da rotura do betão com a ce-

dência do aço será para $s = 0{,}552$; este será pois o valor limite para a sub-armação de peças rectangulares armadas com aço corrente, segundo o referido regulamento, que aliás não permite o emprego de peças super-asmadas.

3.4.1.1 — Consideremos agora o emprego dum aço torcido, por exemplo T 40 (Heliaço ou Tor) com a tensão convencional da cedência $\sigma_e = 4.000$ kg/cm².

Seguindo ùnicamente F 31, há quem considere ser a peça normalmente armada quando

$$s = \frac{1{,}500}{1{,}500 + 1{,}905} = 0{,}440$$

visto ser $\varepsilon_b = 1{,}5$ mm/m e

$$\varepsilon_e = \frac{4.000}{2.100.000} = 1{,}905 \text{ mm m} \quad \text{(along. elástico)}$$

3.4.1.2 — No entanto, atendendo ao que se diz em (3.2.1.6) e sobre σ_e em (3.2.1.2) e atendendo a que a simultaneidade de deformação é entre ε_b, (que como já vimos é uma maneira de considerar ε_R, contendo implícita a substituição do diagrama teórico pelo rectangular) e

$$\varepsilon_t = \left(2{,}00 + \frac{\sigma_e}{E}\right),$$

(realmente é este o alongamento unitário da armadura no início da cedência), o valor de «s» correspondente à armação normal, continuando a admitir a hipótese de Bernouilli e o diagrama rectangular, será:

$$\text{de F 31:} \ldots s = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_e} = \frac{2{,}152}{2{,}152 + 3{,}905} = 0{,}355$$

pois que de F 29 se obtém (atendendo entretanto a que $\varepsilon_e = 2{,}00 + 1{,}905$):

$$\varepsilon_b = \frac{\varepsilon_R\ \varepsilon_e}{1{,}33\ \varepsilon_e + 0{,}33\ \varepsilon_R} =$$

$$= \frac{3{,}5 \times (2{,}00 + 1{,}905}{1{,}33 \times 3{,}905 + 0{,}33 \times 3{,}5} = 2{,}152 \text{ mm/m}$$

Julgamos que o C. E. B. ainda não fixou, como o fez para os aços macios correntes, um limite para «s» nos caso de emprego de aços torcidos; no entanto Yves Saillard cita de modo um tanto impreciso, o valor $\left[s\left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] = 0{,}330$, isto é $s = 0{,}417$, para aços de altas características, de limite elástico até 6.000 kg/cm²; o grande técnico brasileiro do pré-esforçado, Prof. Figueiredo Ferraz, cita também para aços T 40 e T 50 o valor $\left[s\left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] = 0{,}350$, isto é, $s = 0{,}452$.

Posto isto, julgamos que o valor a considerar será o decorrente de F 29 e F 31, de acordo com o que se disse no primeiro parágrafo de (3.4.1.2) (*)

(*) **Nota do autor:** *Alguns meses após termos concluído o presente trabalho, tivemos a natural satisfação de ver confirmado o único ponto — 3.4.1.2 — em que haveria discordância com uma obra de autor consagrado, apontada na bibliografia («Curso de Concreto Armado», ed. 1957, do Prof. Aderson Moreira da Rocha): tal discordância manifestava-se na diferença entre o referido 3.4.1.1 e o que propusemos em 3.4.1.2. O critério referido em 3.4.1.2 afigurava-se-nos como o resultado lógico de tudo quanto oportunamente se expôs, pois era, em nosso ver, a conclusão a tirar de todas as fontes que utilizamos, nomeadamente neste particular «Revisão da Norma Brasileira NB-1», do Dr. Eng. F. L. Lobo Carneiro, e «Problemas especiais no dimensionamento do Concreto Armado» (este ainda parcialmente discordante com 3.4.1.2) do próprio Prof. Aderson M. da Rocha. Afinal, tal critério foi* **literalmente** *confirmado no recente trabalho, ainda do mesmo catedrático Aderson M. da Rocha, «Os métodos modernos do cálculo do Concreto Armado» (Est. 47), recebido agora em 1963. Deste modo, o exposto em 3.4.1.1 pode ser realmente substituído pelo que se propõe em 3.4.1.2.*

Mais ainda: tal como acabamos por propor, o Comité Europeen du Beton preferiu, pelo menos por enquanto, adoptar também o critério de determinar uma linha neutra convencional função de ε_R e ε_e, em vez de fixar um valor limite, como acontece para secções com os aços correntes, isto é, «naturais», não tratados por torção ou prensagem a frio.

Cascais, Março de 1963.

3 5 — O momento de rotura, corresponde ao binário interno, formado pela resultante «C» das compressões e pela resultante «T» das tracções, paralelamente ao que acontecia na Fase II, em que o momento resistente era realizado pela resultante «C» das compressões e pela resultante «T» das tracções.

$$C = T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 32)$$

$$z = h - \frac{x}{2}$$

$$M = Cz = Tz \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\ 33)$$

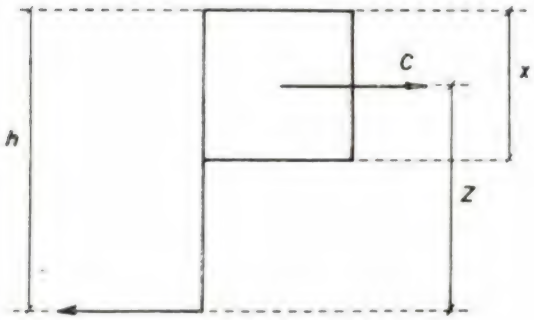


Fig. 22

3.5.1 — Consideremos uma secção «normalmente armada» ou «sub-armada», isto é, uma secção em que, por ocasião da rotura, o betão está sob a tensão da rotura σ_R ao *mesmo tempo* que o aço está à tensão da cedência σ_e; assim sendo, isto é, dada esta simultaneidade

$$C = \sigma_R\, bx \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 37)$$

$$T = \sigma_e\, S_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 38)$$

será lícito escrever

$$\sigma_R\, bx = \sigma_e S_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 34)$$

expressão basilar, da qual imediatamente se concluem

$$S_a = \frac{\sigma_R}{\sigma_e}\, bx \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 35)$$

e (atendendo a que $\lambda = S_a/(b\,h)$ e $s = x/h$)

$$\boxed{s = \lambda\, \frac{\sigma_e}{\sigma_R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 36)$$

Assim, de F 33, F 34, F 37 e F 38 é imediato concluir

$$M_R = Cz = \sigma_R\, bxz = \sigma_R\, bx\left(h - \frac{x}{2}\right) \quad (F\ 39)$$

$$M_R = Tz = \sigma_e S_a\, z = \sigma_e\, S_a\left(h - \frac{x}{2}\right) \quad (F\ 40)$$

Introduzindo o «valor unitário da profundidade da linha neutra» $s = \frac{x}{h}$ na expressão (F 39), tem-se que:

$$M_R = \sigma_R\, bsh\left(h - \frac{s\,h}{2}\right)$$

$$\boxed{M_R = \sigma_R\, b\,h^2\left[s\left(1 - \frac{s}{2}\right)\right]} \quad (F\ 41)$$

3.5.1.1 — Abramos agora um pequeno parentesis: Substituindo na expressão F 41 o valor limite de «s», pelo indicado pelo C. E. B. (ver 3.4.1) temos:

$$M_R = 0{,}375\, b\, h^2\, \sigma_R \quad \ldots\ldots \quad (F\ 41\ A)$$

momento de rotura, que tendo implícito $s = 0{,}5$ corresponderá à fronteira entre super e subarmação e a percentagem correspondente será:

$$\lambda = 0{,}5\, \frac{\sigma_R}{\sigma_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 36\ A)$$

Já agora, chamamos a atenção para Whitney, que também adopta, para cálculo, o diagrama rectangular; baseando-se em resultados experimentais, concluiu que uma vez, que o momento de rotura ultrapasse o valor

$$M_R = 0\ 393\, b\, h^2 \sigma_R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 41\ B)$$

(ou seja, que o momento solicitante ultrapasse o valor $M = 0.393\ b\,h^2\, \overline{\sigma_b}$), qualquer acréscimo de armadura não aumenta a capacidade resistente da peça; como fàcilmente se deduz, a este valor corresponde $s = 0{,}537$ e portanto a percentagem máxima, eficiente, de armadura será

$$\lambda = 0{,}537\, \frac{\sigma_R}{\sigma_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 36\ B)$$

(note-se entretanto que em Whitney, σ_R é 0,85 de σ_{cil}). Por sua vez Maillart, baseando-se (mais que qualquer outro) em dados laboratoriais, chegou à conclusão que aquele valor do momento de rotura é

$$M_R = 0{,}340\, b\, h^2\, \sigma_R \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\ 41\ C)$$

e que a máxima percentagem eficiente de armadura é:

$$\lambda = 0{,}583 \frac{\sigma_R}{\sigma_e}$$

contudo, em Maillart, σ_R é $\sigma_{pr.}$, (note-se, que tendo os provetes a mesma altura e sendo o diâmetro do cilindro igual ao lado do prisma, $\sigma_{cil.} = \sigma_{pr}$) e por outro lado o diagrama não é rectangular, sendo o momento de rotura dado por $M_R = b\,h^2 \lambda\, \sigma_e \left(\frac{7}{6} - \lambda \frac{\sigma_e}{\sigma_{pr.}}\right)$ e não por F 41, como é óbvio.

Por curiosidade, comparemos as expressões F 41 A, F 41 B e F 41 C.

F 41 A ..... $M_R = 0{,}375\, b\,h^2\, \sigma_R =$
$= 0{,}375\, b\,h^2\, 0{,}75\, \sigma_{cil.} = b\,h^2\, 0{,}281\, \sigma_{cil.}$
F 41 B ..... $M_R = 0{,}393\, b\,h^2\, \sigma_R' =$
$= 0{,}393\, b\,h^2\, 0{,}85\, \sigma_{cil.} = b\,h^2\, 0{,}334\, \sigma_{cil.}$
F 41 C ..... $M_R = 0{,}340\, b\,h^2\, \sigma_R'' =$
$= 0{,}340\, b\,h^2\, 1{,}0\, \sigma_{cil.} = b\,h^2\, 0{,}340\, \sigma_{cil.}$

A diferença entre os valor dados por F 41 A e por F 41 B ou F 41 C, poderá dar-nos uma ordem de grandeza da diferença entre o M_R correspondente à armação normal e o M_R correspondente à máxima super-armação (ver fig. 19).

3.5.2 — Voltemos a (3.5.1) e consideremos a expressão F 41, que também se poderá escrever da forma:

$$\frac{M_R}{b\,h^2} = \sigma_R \left[s \left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] \quad \ldots\ldots \quad (F\ 42)$$

esta expressão não se altera se dividirmos ambos os membros pela mesma quantidade; seja esta o coeficiente de segurança «n». Entretanto relembremos que o momento de rotura «M_R» a considerar, é «n» vezes maior que o momento solicitante «M» e que a tensão de rotura «σ_R» é «n» vezes maior que a tensão fictícia de rotura «$\bar{\sigma}_b$», assim como também é $\bar{\sigma}_a = \frac{\sigma_e}{n}$.

$$\frac{M_R}{n} \frac{1}{b\,h^2} = \frac{\sigma_R}{n} \left[s \left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] \quad \ldots \quad (F\ 42\ A)$$

$$\boxed{\frac{M}{b\,h^2} = \bar{\sigma}_b \left[s \left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] = d} \quad \ldots \quad (F\ 43)$$

3.5.3 — Veja-se agora que, para um momento solicitante M, uma secção «b, h» «tem» um número «d», que, para um «$\bar{\sigma}_b$», «tem» um valor «s» e assim podemos organizar tabelas do tipo

	$\bar{\sigma}_{b1}$	$\bar{\sigma}_{b2}$	$\bar{\sigma}_{b3}$
s_1	d'_1	d''_1	d'''_1
s_2	d'_2	d''_2	d'''_2
s_3	d'_3	d''_3	d'''_3

Frizemos outra vez o que se disse em (3.5.1): estamos em peças «normalmente armadas» ou em peças «sub-armadas» isto é, repita-se, naquelas em que o esmagamento do betão é simultâneo com a cedência do aço (desde o início desta ou a partir de certa altura).

3.5.4 — Voltemos novamente a (3.5.1) e consideramos a 2.ª expressão de M_R,

$$M_R = \sigma_e\, S_a\, z = \sigma_e\, S_a \left(h - \frac{x}{2}\right) \quad \ldots \quad (F\ 40)$$

e introduzamos o valor $s = \frac{x}{h}$

$$M_R = \sigma_e\, S_a\, h \left(1 - \frac{s}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\ 44)$$

ou seja:

$$\sigma_e = \frac{M_R}{S_a\, h \left(1 - \frac{s}{2}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\ 45)$$

ou ainda:

$$\frac{M_R}{b\,h^2} = \sigma_e\, \lambda \left(1 - \frac{s}{2}\right) = d$$

atendendo a que $S_a = \lambda\, b\, h$

A expressão F 45 não se altera se dividirmos ambos os membros pela mesma quantidade e seja ela, tal como em (3.5.2), o coeficiente de segurança «n»

$$\frac{\sigma_e}{n} = \frac{M_R / n}{S_a\, h \left(1 - \frac{s}{2}\right)} \quad \ldots\ldots \quad (F\ 45\ A)$$

$$\therefore \quad \bar{\sigma}_a = \frac{M}{S_a\, h \left(1 - \frac{s}{2}\right)} \quad \ldots\ldots \quad (F\ 45\ B)$$

Introduzindo o «valor unitário $g = \frac{z}{h}$ do comprimento do braço da alavanca do binário interno», isto é, considerando

$$g = 1 - \frac{s}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\,46)$$

teremos $\bar{\sigma}_a = \frac{M}{S_a\, h\, g}$, ou seja:

$$\boxed{S_a = \frac{M}{\bar{\sigma}_a\, h\, g}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\,47)$$

3.5.5 — Quer dizer, para um dado «s» corresponde um certo «g» e assim poderemos acrescentar à tabela referida em (3.5.3) uma coluna «g»

		$\bar{\sigma}_{b1}$	$\bar{\sigma}_{b2}$	$\bar{\sigma}_{b3}$
s_1	g_1	d'_1	d''_1	d'''_1
s_2	g_2	d'_2	d''_2	d'''_2
s_3	g_3	d'_3	d''_3	d'''_3

O dimensionamento em face desta tabela é imediato; ora veja-se: com o momento solicitante «M» e a secção «b, h» da peça, determinamos um número «d» que, para uma tensão fictícia de rotura $\bar{\sigma}_b$ (obtida a partir duma tensão σ_R pela aplicação dum coeficiente de segurança «n»), corresponde a um número «g» dado, que este e aquele «d» correspondem a um valor «s»; conhecido o valor «g» e o aço empregue, isto é a «$\bar{\sigma}_a$» (obtida a partir da tensão de cedência pela aplicação do mesmo coeficiente de segurança «n»), a armadura determina-se imediatamente pois que, como vimos:

$$S_a = \frac{M}{\sigma_a\, h\, g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\,47)$$

Esta expressão (F 47) corresponde à conhecida do cálculo clássico

$$A_a = \frac{M}{R_a\, h\, z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\,24)$$

e a propósito note-se, que enquanto nesta, R_a é uma tensão de trabalho, naquela $\bar{\sigma}_a$ é uma tensão fictícia, uma fracção de tensão da cedência do aço e em que «g» se refere a um diagrama rectangular de compressão e não a um diagrama triangular, como sucede com «z».

Já que estabelecemos esta comparação, julgamos ser agora oportuno salientar mais uma vez o que já foi dito por outras palavras, isto é, que no «cálculo à rotura» o coeficiente de segurança «n» nos conduz a uma noção de segurança «real» e objectiva, pois que a secção romperá «realmente» para uma carga «n» vezes maior que a carga de serviço; no cálculo clássico, apesar de serem as tensões máxima admissíveis, «n» vezes menores que as tensões limites (rotura no betão, cedência no aço), como é feito em regímem elástico (Fase II), nunca se poderá dizer que a secção rompe para uma carga «n» vezes maior; com efeito, ela antes de romper e ao romper, tem um comportamento — plástico — bem diferente do comportamento elástico, visto a Fase III nunca poder ser considerada uma «extrapolação» da Fase II.

3.5.6 — Por uma questão prática podemos ainda considerar

$$a = g\,\bar{\sigma}_a \quad \ldots\ldots \quad (F\,48)$$

e assim organizar uma tabela particularizada para o tipo de aço mais comum, mantendo-se a coluna dos «g» para o caso de emprego de outro tipo de armadura, e deste modo será.

$$\boxed{S_a = \frac{M}{a\, h}} \quad \ldots\ldots \quad (F\,47\,A)$$

Tab. I		$\bar{\sigma}_{a1}$	$\bar{\sigma}_{b1}$	$\bar{\sigma}_{b2}$	$\bar{\sigma}_{b3}$
s_1	g_1	a_1	d'_1	d''_1	d'''_1
s_2	g_2	a_2	d'_2	d''_2	d'''_2
s_3	g_3	a_3	d'_3	d''_3	d'''_3

3.5.7 — Frize-se novamente que estamos em peças sub ou normalmente armadas pois que tudo se passa a partir da simultaneidade implícita em:

$$\sigma_R\, b\, x = \sigma_e\, S_a \quad \ldots\ldots \quad (F\,34)$$

(Para que não se julgue ser esta condição uma limitação incomoda à utilização das tabelas, lem-

bremos o parágrafo (3.3.1) e o que se irá expor em (3.5.10)).

3.5.8 — Assim, esta tabela é válida para qualquer coeficiente de segurança, como se conclui das deduções feitas anteriormente (em que «n» divide ambos os membros duma expressão), e para qualquer tipo de aço (visto se manter a coluna dos «g»), e para quaisquer betões com $\bar{\sigma}_{b1}$, $\bar{\sigma}_{b2}$ e $\bar{\sigma}_{b3}$ que estão relacionadas, através dos coeficientes de segurança «n», com as tensões de rotura σ_{R1}, σ_{R2} e σ_{R3}.

3.5.9 — Esta tabela poderá também funcionar, usando uma forma operacional diferente, isto é: por um lado, operamos com um momento de rotura e tensões de rotura no betão e de cedência no aço (o que equivaleria para as fórmulas deduzidas em 3.5.2 e 3.5.4, a empregar $n = 1$) e por outro lado, com as cargas de serviço, multiplicadas agora pelo coeficiente de segurança «n».

Esta observação é particularmente útil, pois que a actual evolução do conceito de segurança, conduzir-nos-á um dia a empregarmos coeficientes diferentes conforme a natureza das cargas. Exemplificando, seja: «K_1», o coeficiente a aplicar às cargas permanentes «p» e «K_2» o coeficiente a aplicar às cargas acidentais «u»; a carga de cálculo será pois $q = (p K_1 + u K_2)$ e o momento de rotura M_R será o momento solicitante fictício, função desta carga «q»; assim, com «b», «h» e este M_R e as tensões σ_R e σ_e determinamos os números «d» e «g» e a armadura a utilizar será dada por

$$\boxed{S_a = \frac{M_R}{\sigma_e\, h\, g}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (F\ 47\ B)$$

3.5.10 — Voltemos ao 2.º parágrafo de 3.5.5: se encontrarmos um número «d» que correspondesse a um valor «s_p» maior que «s» da armação normal (que, como já dissemos, se propõe ser, com os aços correntes $s = 0{,}5$, como recomenda o C. E. B., e com aços torcidos, o constante em 3.4.1.2), estaríamos perante uma incompatibilidade (ver 3.6.3), visto «d» ter sido determinado em consequência de $\sigma_R\, b\, x = \sigma_e\, S_a$, isto é, da simultaneidade do esmagamento do betão com a cedência da armadura, como vimos em 3.5.1 e 3.5.2, quando afinal, a cedência (ver fig. 23) ainda não foi atingida. Num caso destes, teríamos de utilizar armadura de compressão; no entanto frize-se, que mesmo neste caso, procuramos estar em «armação normal», visto a

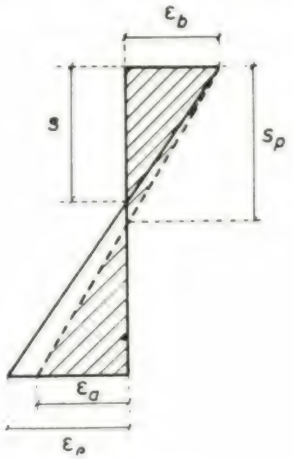


Fig. 23

super-armação ser anti-económica e a sub-armação ser aqui inviável, como é óbvio; para estarmos em armação normal, iremos dimensionar admitindo que o esmagamento do betão é simultâneo com a cedência do aço *tanto na tracção como na compressão*. Em próximo trabalho, tencionamos mais detalhadamente tratar deste e doutros assuntos; no entanto apontamos desde já e *resumidamente* qual o processo a empregar na quase totalidade destes casos.

3.5.10.1 — Primeiramente em face do valor «s» correspondente à armação normal e do $\bar{\sigma}_b$ admitido, procuramos o número «d» correspondente; com este «d» e entrando com ele na expressão

$$d = \frac{M}{b\, h^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 43)$$

$$\therefore\ M = d\, b\, h^2$$

obtemos um valor M_1, òbviamente inferior ao momento solicitante M; paralelamente obtemos um valor «g» ou «a» e determinaremos como até aqui, uma armadura

$$S_{a1} = \frac{M_1}{a\, h};$$

quer dizer: pelo esforço M_1, responde na compressão o betão, e na tracção e armadura S_{a1}, ou por outras palavras, este momento M_1 seria equilibrado pelo binário $\bar{C}_1\, z = \bar{T}_1\, z$ em que

$$\bar{C}_1 = b \times \bar{\sigma}_b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 49)$$

$$\bar{T}_1 = S_{a1}\, \bar{\sigma}_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 50)$$

Falta portanto equilibrar o esforço, ou melhor, obter a resistência suplementar para responder pelo momento

$$M_2 = M - M_1 ;$$

como as possibilidades do betão se consideram esgotadas, aquele esforço será absorvido por uma armadura de compressão e outra de tracção, isto é, o momento M_2 seria equilibrado por um binário $\overline{C}_2\, h' = \overline{T}_2\, h'$ (h' é a distância entre os c. g. das armaduras de tracção e de compressão) em que:

$$\overline{C}_2 = \overline{T}_2 = S_{a2}\, \overline{\sigma}_a \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 51)$$

e assim

$$M_2 = \overline{C}_2\, h' = S_{a2}\, \overline{\sigma}_a\, h'$$

$$M_2 = \overline{T}_2\, h' = S_{a2}\, \overline{\sigma}_a\, h' \quad . \; . \; . \; . \quad (F\ 52)$$

donde

$$S_{a2} = \frac{M_2}{\overline{\sigma}_a\, h'} = S'_a \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 53)$$

sendo assim, a armadura de compressão será S'_a; a armadura total, de tracção, consequentemente será:

$$S_a = S_{a1} + S_{a2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 54)$$

quer dizer, verificar-se-á

$$\sigma_e\, S_a = b \times \sigma_R + S'_a\, \sigma_e \quad . \; . \; . \; . \quad (F\ 55)$$

como fàcilmente se deduz do anteriormente exposto.

Note-se que é condição necessária o c. g. da zona comprimida estar abaixo da armadura de compressão, melhor, a profundidade da linha neutra deverá ser pelo menos igual a duas vezes a distância do c. g. da armadura comprimida à fibra exterior. No entanto frizemos o que se disse em 3.5.10: estamos a considerar e a subordinar-nos à «armação normal» e portanto à simultaneidade do início da rotura do betão com a cedência da armadura, quer na tracção, quer na compressão; assim para que se garanta essa simultaneidade é necessário que a profundidade da linha neutra seja três vezes maior, que a distância do c. g. da armadura comprimida à fibra exterior (quando $x \leqslant 3\, c$ pode-se dar a rotura sem que tenha entrado em cedência a armadura de compressão), e que o aço seja o corrente; com este, dado que o encurtamento real ε_R do betão anda entre 3 a 4 mm/m, a armadura entra em cedência ($\varepsilon_e = 1{,}143$ mm/m) antes da deformação do betão atingir valores daquela ordem de grandeza o que, pode não se verificar se o encurtamento do aço tiver um valor próximo ou superior a ε_R, como acontece com um T 40 em que $\varepsilon_t = 3{,}905$ mm/m; para debelar esta última circunstância, em vez de operarmos com $\sigma_e = 4.000$ kg/cm², reduzimos para $= \sigma_h = 3.600$ kg/cm², precisamente para não permitir que o encurtamento considerado na armadura, seja maior que o encurtamento de rotura do betão (se assim não considerassemos estariamos a admitir uma irrealidade); no caso de aço T 50, em vez do operarmos com $\sigma_e = 5.000$ kg cm² empregaremos $\sigma_h = 4.000$ kg cm²; estas tensões σ_h correspondem ao encurtamento *total* de 2 mm m. (Achamos oportuno inserir nesta ocasião parte do art. 38 da NB-1 que reza o seguinte: «.... *o espaço livre entre barras, feixes ou luvas da armadura longitudinal duma viga não deve ser menor que 12 mm nem memor que o diâmetro das próprias barras, feixes ou luvas. O espaçamento dos estribos deve ser no máximo, ignal à metade da altura total da viga, não podendo ir além de 30 cm; se houver armadura de compressão, indicada pelo cálculo, aquele espaçamento não pode também ser maior que 21 vezes o diâmetro das barras dessa armadura no caso de aço 37-CA ou 50-CA e que 12 vezes esse diâmetro no caso de aço CA-T 40 ou CA-T 50*»).

3.5.11 — Se são conhecidos «M» e «b» e quisermos determinar a menor altura, isto é, a correspondente à armação normal, entramos na tabela I de maneira inversa à que referimos em 3.5.5, impondo implicitamente aquela condição, ao escolher um determinado «s» com o qual obteremos, para um dado $\overline{\sigma}_b$, valores «d» e «g» que nos darão a altura e a armadura

$$h = \sqrt{\frac{M}{b\, d}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 43\ A)$$

$$S_a = \frac{M}{\overline{\sigma}_a\, g\, h} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\ 47)$$

No caso de aço corrente e com $s = 0{,}5$, de F 41 A concluímos:

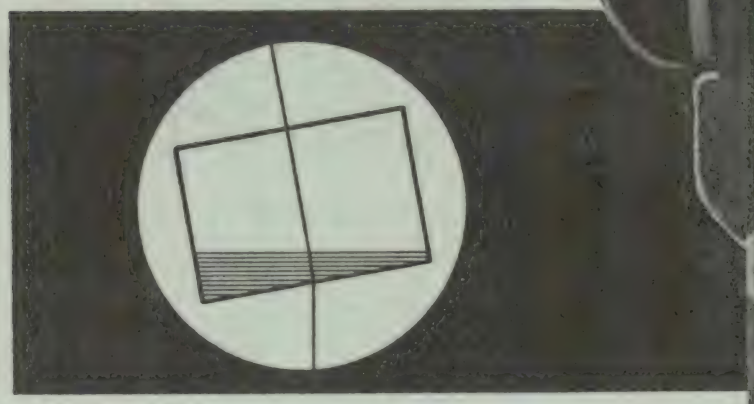
$$h = \sqrt{\frac{M_R}{0{,}375\, \sigma_R\, b}} \text{ isto é } h = \sqrt{\frac{M}{0{,}375\, \overline{\sigma}_b\, b}} \quad (F\ 43\ B)$$

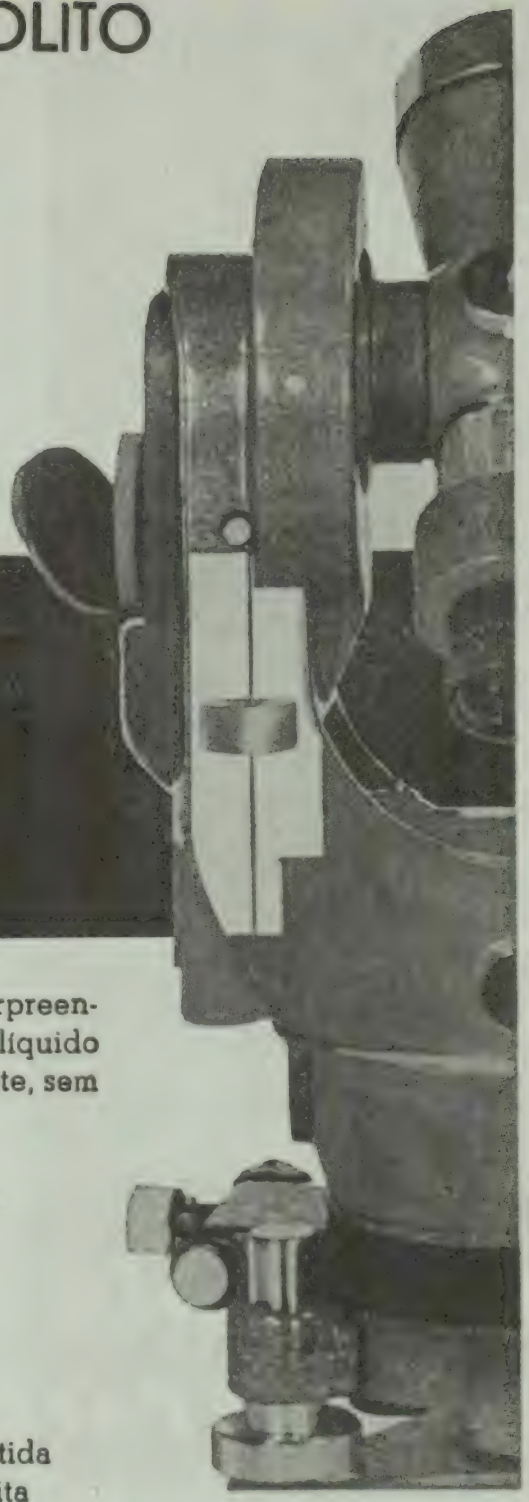
O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas





Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com líquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos, sem reparações.

Detalhes no prospecto Th 154

WILD
HEERBRUGG

Modelo T 1-A C/imagem invertida
Modelo T 1-A E C/imagem direita

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6 — Tel. 68 11 27

Pára-raios
ASEA

"O raio não leva endereço certo".
Você já escolheu a protecção para a sua instalação eléctrica?

consulte:

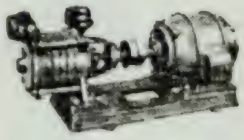
ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA
R. DE ARTILHARIA UM, 104,4.º-D.º
Telefone P.P.C. — 68 90 17/8/9

END. TELEG.
ASEAPORT

FILIAL NO PORTO
R. DO CAMPO ALEGRE, 144
Telefone P.P.C. — 6 21 06/7

BOMBAS



Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

confiança para a construção com

materiais novobra

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

pavimentos
coberturas
vigas de grande vão
asnas
perfis

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS, NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º D.-TEL. 77 48 32/766446-LISBOA-5

REGINA REX

CORRENTES
DE TRANSMISSÃO
PARA
INDÚSTRIA, AGRICULTURA, ETC.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
AUTO-LUSITANIA
ALFREDO DUARTE, LDA.
AVENIDA DA LIBERDADE, 73-79
LISBOA

e correspondente armadura

$$S_a = \frac{M}{0{,}75\,\bar{\sigma}_a\,h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 47\ C)$$

* * *

3.6 — Consideremos agora o problema da verificação das secções.

Como já por várias vezes salientamos, nas peças «normalmente armadas» e «sub-armadas», a rotura do betão é simultânea com a cedência do aço, isto é

$$\sigma_R\, b\, x = \sigma_e\, S_a \quad \ldots\ldots \quad (F\ 34)$$

Nas peças super-armadas a rotura do betão é simultânea com uma tensão elástica σ_F no aço e assim será

$$\sigma_R\, b\, x = \sigma_F\, S_a \quad \ldots\ldots \quad (F\ 56)$$

visto que, como é óbvio, em qualquer circunstância ser sempre $C = T$.

3.6.1 — Vimos no método clássico, isto é, em Fase II, que a posição relativa da linha neutra, isto é, «s», podia ser determinada exclusivamente à custa das características geométricas da secção e da relação entre o módulo de elasticidade do aço e do betão comprimido, através da expressão

$$s = m\,\lambda \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{m\,\lambda}} \right] \quad \ldots \quad (F12)$$

Paralelamente, em Fase III, nas peças **normalmente armadas** e **sub-armadas** podemos determinar «s», à custa das características geométricas «b», «h» e «S_a» (isto é, «λ») e da relação entre a tensão de cedência σ_e no aço tendido e e a tensão de rotura σ_R do betão comprimido, como se viu em (F 36) e, notemos, **independentemente** da adopção da Hipótese de Bernouilli e dos valores ε_e e ε_b adoptados,

$$\sigma_R\, b\, x = \sigma_e\, S_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 34)$$

$$x = \frac{\sigma_e}{\sigma_R}\,\frac{S_a}{b}$$

$$s = \frac{x}{h} = \frac{\sigma_e}{\sigma_R}\,\frac{S_a}{b\,h} = \lambda\,\frac{\sigma_e}{\sigma_R} \quad \ldots\ldots \quad (F36)$$

como

$$\frac{\sigma_e}{\sigma_R} = \frac{\sigma_e/n}{\sigma_R/n} = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b}$$

$$s = \lambda\,\frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F36\,B)$$

3.6.2. — Entrando com o valor de «s», determinado em F 36 ou F 36 B, na expressão

$$M_R = \sigma_R\, b\, h^2 \left[s \left(1 - \frac{s}{2} \right) \right] \quad \ldots\ldots \quad (F41)$$

ou em

$$M_R = \sigma_e\, S_a\, h \left(1 - \frac{s}{2} \right) \quad \ldots\ldots \quad (F\ 44)$$

que nesta circunstância é a mais prática, ficaremos a saber qual é o momento de rotura M_R, momento que deverá ser pelo menos igual à «n» vezes o momento solicitante «M» devido às cargas de serviço, sendo «n» o coeficiente global de segurança.

3.6.3 — Se por ventura o valor «s» determinado, for maior que o correspondente a «armação normal» estariamos perante a «super-armação» e o próprio valor de «s» não estaria correcto, pois tinha sido determinado à custa de $\sigma_R\, b\, x = \sigma_e\, S_a$, quando na super-armação a simultaneidade aqui implícita não existe, mas sim

$$\sigma_R\, b\, x = \sigma_F\, S_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (F\ 56)$$

como aliás já dissemos. Repetindo: para um «s»

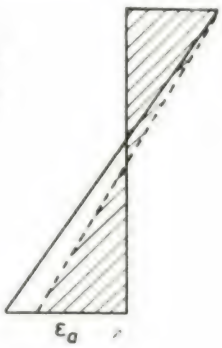


Fig. 24

maior que o «s» da armação normal, estamos perante um caso de super-armação, isto é, em que o esmagamento do betão se processa antes do aço entrar em cedência e portanto com este a uma tensão elástica σ_F, que aliás é desconhecida. Torna-se pois necessário saber qual é esta tensão σ_F; aplicando a hipótese de Bernouilli, teremos, (ver fig. 25):

$$x \longrightarrow \varepsilon_b$$

$$(h - x) \longrightarrow \varepsilon_a$$

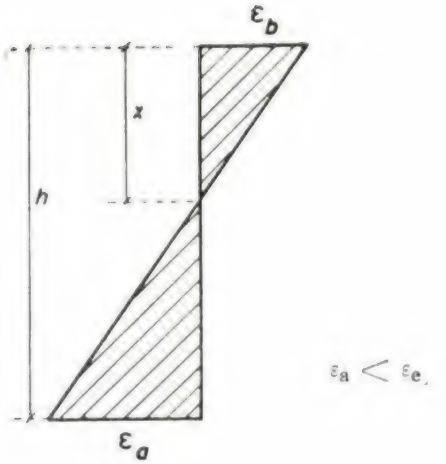


Fig. 25

$$\varepsilon_a = \frac{h - x}{x}\,\varepsilon_b \; ; \quad . \; . \; . \; . \quad (F\,57)$$

Aplicando a lei de Hooke, visto o aço estar em regímen elástico, teremos:

$$\sigma_F = E_a\,\varepsilon_a = E_a\left(\frac{h-x}{x}\right)\varepsilon_b \quad . \; . \; . \quad (F\,58)$$

assim, se:

$$\sigma_R\,b\,x = \sigma_F\,S_a \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\,56)$$

será:

$$\sigma_R\,b\,x = \left[E_a\,\frac{h-x}{x}\,\varepsilon_b\right] S_a \quad . \; . \; . \quad (F\,59)$$

$$x^2\,(b\,\sigma_R) + x\,(S_a\,E_a\,\varepsilon_b) - (S_a\,E_a\,\varepsilon_b\,h) = 0$$

de onde se conclui

$$x = h\,\frac{S_a\,E_a\,\varepsilon_b}{2\,b\,h\,\sigma_R}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{4\,b\,h\,\sigma_R}{S_a\,E_a\,\varepsilon_b}}\right] \quad (F\,60)$$

Determinado assim o valor de «x» através de F 60 e substituído em

$$M_R = \sigma_R\,b\,x\left(h - \frac{x}{2}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (F\,39)$$

obteríamos o valor de M_R, que aliás também poderia ser determinado através da expressão que se conclui de F 33 e F 56

$$M_R = \sigma_F\,S_a\left(h - \frac{x}{2}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (F\,61)$$

mas, para isso, teria sido necessário determinar prèviamente o valor de σ_F à custa de

$$\sigma_F = E_a\,\frac{h-x}{x}\,\varepsilon_b \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (F\,58)$$

3.6.4 — Vejamos agora duas conclusões da expressão F 36 que julgamos terem um certo interesse:

3.6.4.1 — 1.ª: **Uma variação grande do valor de σ_R pouco afecta a capacidade resistente das peças sub-armadas.** Vejamos:

de F 36 e F 41 conclui-se:

$$M_R = b\,h^2\,\lambda\,\sigma_e\left(1 - 0{,}5\,\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\,\lambda\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (F\,62)$$

1) Consideremos casos para $\lambda = 0{,}02$

1a) . . . . $\sigma_e = 2.400\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 200\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2\,(0{,}02 \times 2.400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{2.400}{200}\,0{,}02\right) =$$

$$= \boxed{b\,h^2\,(42{,}24)}$$

1b) . . . . $\sigma_e = 2.400\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 100\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2\,(0{,}02 \times 2.400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{2.400}{100}\,0{,}02\right) =$$

$$= \boxed{b\,h^2\,(36{,}48)}$$

isto é, a capacidade ou qualidade do betão foi reduzida em *50 %* e a capacidade resistente da secção apenas em *13,6 %*. Vejamos também:

1c) . . . . $\sigma_e = 4.000\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 200\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2\,(0{,}02 \times 4.000)\left(1 - 0{,}5\,\frac{4.000}{200}\,0{,}02\right) =$$

$$= \boxed{b\,h^2\ 64}$$

isto é, comparando com *1a* se se reduzir a capacidade ou qualidade do aço em *40 %*, a capacidade resistente da peça vem também diminuida em *34 %*. Vejamos agora:

1d): $h' = 0{,}75\,h$; $S_a = S_a \therefore \lambda = \frac{0{,}02}{0{,}75} = 0{,}0265$

$$M_R = b\,(0{,}75\,h)^2\,(0{,}0267 \times$$

$$\times\ 2.400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{2.400}{200}\,0{,}0267\right) =$$

$$= \boxed{b\,h^2\,(30{,}27)}$$

isto é, comparando com *1a* se se reduzir a altura em *25 %*, a capacidade resistente da peça vem reduzida também em *28,3 %*

2) *Vejamos agora para* $\lambda = 0{,}01$

2a) . . . . $\sigma_e = 2.400\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 200\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2 (0{,}01 \times 2.400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{2.400}{200}\,0{,}01\right) =$$

$$= \boxed{22{,}56\ b\,h^2}$$

(comparando *2a* com *1a* concluimos que reduzindo em *50 %* a armadura, a capacidade resistente da peça vem diminuída em *46,6 %*

2b) . . . . $\sigma_e = 2.400\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 100\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2 (0{,}01 \times 2.400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{2.400}{100}\,0{,}01\right) =$$

$$\boxed{21{,}12\ b\,h^2}$$

comparando assim *2b* com *2a* vemos que a capacidade ou qualidade do betão foi reduzida em *50 %* e a capacidade resistente da secção apenas em *6,3 %*

2c) . . . $\sigma_e = 4.000\ kg/cm^2$; $\sigma_R = 200\ kg/cm^2$

$$M_R = b\,h^2 (0{,}01 \times 4.000)\left(1 - 0{,}5\,\frac{4.000}{200}\,0{,}01\right) =$$

$$= \boxed{36\ b\,h^2}$$

isto é, comparando com *2a* se se reduzir a qualidade de aço em *40 %* a capacidade resistente da peça vem diminuída também em *37,7 %*

2d): $h' = 0{,}75\ h$; $S_a = S_a\,\lambda = \dfrac{0{,}01}{0{,}75} = 0{,}0133$

$$M_R = b\,(0{,}75\ h)^2\,(0{,}0133 \times$$

$$\times\ 2{,}400)\left(1 - 0{,}5\,\frac{24.00}{200}\,0{,}0133\right) =$$

$$= \boxed{16{,}56\ b\,h^2}$$

isto é, comparando por com *2a*, se se reduzir a altura em *25 %*, a capacidade resistente da peça vem também diminuída em *26,6 %*.

Resumindo: considerando quatro parâmetros: a qualidade do betão, a qualidade do aço, a altura da secção, e a armadura, a variação *individual* de qualquer dos três últimos, estando todos os outros fixos, conduz, na capacidade resistente da peça a uma variação da mesma ordem de grandeza, ao passo que a variação do primeiro daqueles, pouco a afectará; esta conclusão poderá ser tomada tanto mais à letra quanto menor for a percentagem, isto é, quanto maior for o grau de sub-armação.

3.6.4.2 — 2.°: Suponhamos que temos uma viga cujas dimensões são obrigadas, por qualquer motivo, e que a quantidade necessária de varões correntes, A 37, dificulta a betonagem e até impossibilita o cruzamento daqueles com os de um pilar com o qual a viga se cruze; vemo-nos assim obrigados a substituí-los por outros de aço de características mais elevadas, por exemplo um T 40; para isso, em primeira análise, não temos mais que multiplicar a secção inicial pela relação entre as tensões de cedência de aço corrente e do T 40, pois que, a manter-se o mesmo estado de equilíbrio,

$$C = T \quad e \quad M = Cz = Tz,$$

será sempre $T = T$, muito embora possa ser numa ocasião: $T = (S_{a1}\ \sigma_{e1})$ e em outra $T = (S_{a2}\ \sigma_{e2})$; assim, teremos

$$S_{a2} = S_{a1}\,\frac{\sigma_{e1}}{\sigma_{e2}} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (F\ 63)$$

Contudo, a substituição do aço corrente por aço torcido, não se pode resumir a uma simples multiplicação; vejamos que a armadura inicial S_{a1} (em peça sub-armada), foi determinada para a simultaneidade implícita em F36, correspondendo-lhe um valor de «s»; a multiplicação F63, pode conduzir-nos a uma super-armação, havendo assim uma incongruência no processo operacional; por outro lado podemos vir a obter um valor λ que implique outro coeficiente de segurança para a fissuração, como se viu em 3.2.1.3; no aspecto construtivo, o respeitante a aderência, ancoragem, comprimento das justaposições, raio de curvatura dos ganchos e varões dobrados, deverá também ser reconsiderado para que a aludida substituição seja correcta.

Para finalizar este parágrafo 3.6.4.2, chamemos a atenção para o seguinte: a fim de que se possa, criteriosamente, usufruir as vantagens possìvelmente existentes na substituição do aço corrente pelo aço torcido, é conveniente uma diminuição da secção de betão, acompanhada por um aumento

de qualidade deste, não só na resistência pròpriamente dita (mínima resistência «cúbica» aos 28 dias de 220 kg/cm²), mas até na sua capacidade de deformação, por modo a aumentar, consequentemente, a sua resistência ao fendilhamento. No entanto, Aaron Helfgot, segundo ensaios por ele realizados comparando armaduras de aço corrente CA-37 com outras constituídas por T-50, mostra que o regimen de fendilhamento com aços torcidos é vantajoso relativamento ao verificado com os aços «lisos»; esta vantagem torna-se ainda mais evidente se encararmos a possibilidade de admitir fendas com 0,3 mm, que é o máximo permitido pelo C.E.B. para zonas convenientemente protegidas. Com efeito, com as armaduras de aços «lisos» observa-se que: as fendas são em menor número e existe uma, ou no máximo três, principais, directamente relacionadas com o colapso da viga, que apresentará assim, nesta ocasião, um aspecto poligonal, quebrado; a margem entre a tensão que provoca o colapso e aquela à qual corresponde o grau de fissuração 0,2 mm é muito pequena (segundo os ensaios aludidos, é cerca de 6 % do máximo σ); este grau de fissuração é pràticamente coincidente com a tensão de cedência; nota-se ainda que as fendas 0,2 mm são irrecuperáveis pelo descarregamento.

Com os aços torcidos, ao contrário do que acontece com os «lisos» observa-se que: as fendas são mais distribuídas, apresentando-se em maior número e pràticamente todas do mesmo tamanho, tomando a viga um aspecto curvo, uniforme, em vez de quebrado; a margem entre a tensão correspondente ao grau de fissuração 0,2 mm e a tensão de colapso é considerável (segundo os aludidos ensaios é cerca de 29 % desta última) havendo assim maior «aviso» da rotura (aliás, a diferença entre o início da fissuração e qualquer grau desta ou entre estas e o colapso é sempre bastante maior com os aços torcidos do que com os lisos); a tensão de cedência é visìvelmente superior à correspondente ao grau de fissuração 0,2 mm; pelo descarregamento verifica-se também haver uma certa recuperação elástica, pois que as fendas menores ou iguais a 0,2 mm desaparecem deixando de ser visíveis a olho nu. Assim, para o grau de fissuração 0,2 mm, as armaduras de aços torcidos oferecem, *segundo os referidos ensaios*, uma segurança bastante maior e por outro lado, o grau 0,3 mm é impossível empregando armaduras correntes. Contudo, para que na justa medida se possam tirar ilacções é necessário frizar que os ensaios, de que se serviu Aaron Helfgot, para estas conclusões, se referem a 16 modelos todos do mesmo tamanho, incidindo a comparação em 4 pares de pares de valores de percentagens (e de «parâmetros de fissuração») de armaduras CA-37 e T-50 e que, dos 16 modelos, ou melhor, que daqueles 4 pares, 3 eram de armadura dupla. Será também bom não esquecer que a fissuração é um fenómeno bastante aleatório que depende de variadíssimos factores e circunstâncias e assim qualquer conclusão categórica pode conduzir-nos a erros apreciáveis. (*)

* * *

3.7 — Para finalizar o cap. 3, e de certo modo, completar, o artigo 3.3 abordamos agora um estado de colapso que ainda não foi mencionado e que, diga-se, será o oposto à «super-armação»; com efeito, sendo muito débil a armadura, o colapso dá-se nesta por tracção, sem que o betão comprimido tenha atingido σ_R. Esta situação é evitada por meio da «armadura mínima»; (diga-se de passagem que, muitas vezes, segundo nos parece, esta imposição não é convenientemente observada na elaboração de alguns projectos).

Assim, é necessário que a secção do aço tenha uma capacidade resistente pelo menos igual à capacidade de resistência à tracção do betão tendido, pois que, se assim não acontecer, uma vez esta ultrapassada, o colapso da armadura é imediato, visto esta vir a oferecer uma resistência menor que a do betão, que já rompeu; (como se sabe o critério de resistência relaciona-se, no betão com a rotura e no aço, com a cedência). Defenindo melhor, diremos que a percentagem mínima de armadura será fixada pela condição de que o esforço necessário para romper o betão por tracção, deverá ser menor que aquele que seria necessário para iniciar a cedência de armadura.

O regulamento brasileiro (NB-1/1960) fixa o valor de 0,25 % para os aços correntes 37-CA e 50-CA e 0,15 % para os aços torcidos CA-T40 e CA-T50; o regulamento russo (N e Tu 123/55) fixa vários valores dependentes da qualidade do

(*) Veja-se 3.2.1.3.

aço e do betão, encontrando-se assim, nos casos mais comuns, valores comprendidos entre 0,10 % e 0,20 %. No entanto, nós preferimos usar a expressão que Saliger teóricamente encontrou:

$$\min.\ \lambda = \frac{\sigma_R}{\sigma_e}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{(H/h)^2}{15}}\right) \qquad \text{(F 64)}$$

Note-se que estas percentagens referem-se à secção teóricamente necessária, cuja altura se determina através de F 43 A, mas em que «d» é determinado em F 43, na qual «s» é dada por F 36, entrando nesta com o valor «δ» a que agora nos referimos.

4 — Tabelas

Todas as tabetas referentes a um determinado assunto terão óbviamente o mesmo objectivo e assim, serão por força, intrinsecamente, sempre as mesmas; não haverá pois tabelas do Sr. A ou do Sr. B, mas sim tabelas com objectivo X ou com o objectivo Y; o conteúdo é o mesmo, o figurino é que pode variar. Posto isto, estaremos mais à vontade ao empregarmos a expressão «nossas tabelas» e dizemos nossas, apenas porque fomos nós a organizá-las e a darmos-lhe entrada $d = \frac{M}{bh^2}$.

4.1 — As tabelas, que junto apresentamos têm por fim oferecer uma «linha de operações», semelhante à das tabelas de Vasco Costa para o cálculo clássico: nestas operamos com um número $\delta = \frac{M}{b\,h^2}$ tal como nas nossas, apesar de, como é óbvio, não haver correspondência entre os dois pois que o nosso «d», é em Fase III e é

$$\left[\frac{\sigma_R}{n}\, s\left(1 - \frac{s}{2}\right)\right] \text{ ou } \left[\frac{\sigma_e}{n}\,\lambda\left(1 - \frac{s}{2}\right)\right]$$

e o «δ» de Vasco Costa, é em Fase II e é

$$\left[\sigma_b\,\frac{s}{2}\left(1 - \frac{s}{3}\right)\right] \text{ ou } \left[\sigma_a\,\lambda\left(1 - \frac{s}{3}\right)\right]$$

A posição relativa entre estes «d» e «δ», será a mesma que existe entre tabelas alemãs para o cálculo clássico e as tabelas brasileiras do Prof. Aderson M. da Rocha para o cálculo à rotura, nas quais se opera com um número $r = \frac{h}{\sqrt{M\,b}}$; assim a relação entre o «nosso» «d» e o «r» brasileiro é tal que $d = \frac{1}{r^2}$, assim como a relação entre o «δ» de Vasco Costa e o «r» alemão do cálculo clássico é $\delta = \frac{1}{r^2}$.

4.2 — Como já dissemos, estas tabelas servem para qualquer coeficiente de segurança, para qualquer aço e para as tensões de rotura (*fictícias ou não, conforme o coeficiente de segurança não for ou for, igual à unidade*) de 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 130, 150, 170, 190, 210, 230, 250, 270 e 290 kg/cm², estando ainda particularizadas para o emprego do aço normal ($\sigma_e = 2.400$ kg/cm², $\varepsilon_e = 1.143$ mm/m) para o qual seguimos precisamente o mesmo critério que os brasileiros (NB-1); estes adoptam a tensão fictícia de cedência de 1.500 kg/cm² e não a rigorosamente calculada 2.400 1,65 = 1.455 kg/cm²; ou melhor, é como se em vez de empregarmos rigorosamente o coeficiente de minoração da resistência 1,18, utilizassemos o valor 1,14, o que não tem qualquer inconveniente

$$2.400/1.500 = 1{,}60 \qquad 1{,}60/1{,}40 = 1{,}14$$

4 3 — As tensões fictícias da rotura 50, 60, 70, 80, 90, 100 e 110 kg/cm² corresponderão, com o coeficiente de segurança 1,65, às tensões de rotura aos 28 dias indicados no quadro junto.

Assim, empregando o coeficiente de segurança 1,65, e utilizando a tensão fictícia da rotura 80 kg/cm², a nossa «intensão» de segurança, passe o termo, será a mesma que se empregaria

	tensão fictícia de rotura : σ_b	50	60	70	80	90	100	110
	tensão de rotura : σ_R	50 × 1,65 = 82,5	99	115	132	148	165	181
	tensão de rot. em prov. cil.	82,5 / 0,75 = 110,0	132	154	176	198	220	242
	tensão de rot. em prov. cúb.	110 × 1,25 = 137,0	165	192	220	247	275	300

Determinação das armaduras para secções rectangulares em flexão simples em relação à rotura

s	g	$\sigma_a = \frac{1500}{a}$	Valores de "d" para $\bar{\sigma}_b = \frac{\sigma_R}{n}$															
			50	60	70	80	90	100	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290
0.02	0.990	14.850	0.99	1.19	1.38	1.58	1.78	1.98	2.18	2.57	2.97	3.37	3.76	4.16	4.55	4.95	5.35	5.74
0.04	0.980	14.700	1.96	2.35	2.74	3.14	3.53	3.92	4.31	5.10	5.88	6.66	7.45	8.23	9.02	9.80	10.58	11.37
0.06	0.970	14.550	2.91	3.49	4.07	4.66	5.24	5.82	6.40	7.57	8.73	9.89	11.06	12.22	13.39	14.55	15.71	16.88
0.08	0.960	14.400	3.84	4.61	5.38	6.14	6.91	7.68	8.45	9.98	11.52	13.06	14.59	16.13	17.66	19.20	20.74	22.27
0.10	0.950	14.250	4.75	5.70	6.65	7.60	8.55	9.50	10.45	12.35	14.25	16.15	18.05	19.95	21.85	23.75	25.65	27.55
0.12	0.940	14.100	5.64	6.77	7.90	9.02	10.15	11.28	12.41	14.66	16.92	19.18	21.43	23.69	25.94	28.20	30.46	32.71
0.14	0.930	13.950	6.51	7.81	9.11	10.42	11.72	13.02	14.32	16.93	19.53	22.13	24.74	27.34	29.95	32.55	35.15	37.76
0.16	0.920	13.800	7.36	8.83	10.30	11.78	13.25	14.72	16.19	19.14	22.08	25.02	27.97	30.91	33.86	36.80	39.74	42.69
0.18	0.910	13.650	8.19	9.83	11.47	13.10	14.74	16.38	18.02	21.29	24.57	27.85	31.12	34.40	37.67	40.95	44.23	47.50
0.20	0.900	13.500	9.00	10.80	12.60	14.40	16.20	18.00	19.80	23.40	27.00	30.60	34.20	37.80	41.40	45.00	48.60	52.20
0.21	0.895	13.425	9.40	11.28	13.16	15.04	16.92	18.80	20.67	24.43	28.19	31.95	35.71	39.47	43.23	46.99	50.75	54.51
0.22	0.890	13.350	9.79	11.75	13.71	15.66	17.62	19.58	21.54	25.45	29.37	33.29	37.20	41.12	45.03	48.95	52.87	56.78
0.23	0.885	13.275	10.18	12.21	14.25	16.28	18.32	20.36	22.39	26.46	30.53	34.60	38.67	42.75	46.82	50.89	54.96	59.03
0.24	0.880	13.200	10.56	12.67	14.78	16.90	19.01	21.12	23.23	27.46	31.68	35.90	40.13	44.35	48.58	52.80	57.02	61.25
0.25	0.875	13.125	10.94	13.13	15.31	17.50	19.69	21.88	24.06	28.44	32.82	37.20	41.57	45.95	50.32	54.70	59.08	63.45
0.26	0.870	13.050	11.31	13.57	15.83	18.10	20.36	22.62	24.88	29.41	33.93	38.45	42.98	47.50	52.03	56.55	61.07	65.60
0.27	0.865	12.975	11.68	14.01	16.35	18.68	21.02	23.36	25.69	30.36	35.03	39.70	44.37	49.05	53.72	58.39	63.06	67.73
0.28	0.860	12.900	12.04	14.45	16.86	19.26	21.67	24.08	26.49	31.30	36.12	40.94	45.75	50.57	55.38	60.20	65.02	69.83
0.29	0.855	12.825	12.40	14.88	17.36	19.84	22.32	24.80	27.27	32.23	37.19	42.15	47.11	52.07	57.03	61.99	66.95	71.91
0.30	0.850	12.750	12.75	15.30	17.85	20.40	22.95	25.50	28.05	33.15	38.25	43.35	48.45	53.55	58.65	63.75	68.85	73.95
0.31	0.845	12.675	13.10	15.72	18.34	20.96	23.58	26.20	28.81	34.05	39.29	44.53	49.77	55.01	60.25	65.49	70.73	75.97
0.32	0.840	12.600	13.44	16.13	18.82	21.50	24.19	26.88	29.57	34.94	40.32	45.70	51.07	56.45	61.82	67.20	72.58	77.95
0.33	0.835	12.525	13.78	16.53	19.29	22.04	24.80	27.56	30.31	35.82	41.33	46.84	52.35	57.87	63.38	68.89	74.40	79.91
0.34	0.830	12.450	14.11	16.93	19.75	22.58	25.40	28.22	31.04	36.69	42.33	47.97	53.62	59.26	64.91	70.55	76.19	81.84
0.35	0.825	12.375	14.44	17.33	20.21	23.10	25.99	28.88	31.76	37.54	43.31	49.09	54.86	60.64	66.41	72.19	77.96	83.74
0.36	0.820	12.300	14.76	17.71	20.66	23.62	26.57	29.52	32.47	38.38	44.28	50.18	56.09	61.99	67.90	73.80	79.70	85.61
0.37	0.815	12.225	15.08	18.09	21.11	24.12	27.14	30.16	33.17	39.20	45.23	51.26	57.29	63.33	69.36	75.39	81.42	87.45
0.38	0.810	12.150	15.39	18.47	21.55	24.62	27.70	30.78	33.86	40.01	46.17	52.33	58.48	64.64	70.79	76.95	83.11	89.26
0.39	0.805	12.075	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.40	34.53	40.81	47.09	53.37	59.65	65.93	72.21	78.49	84.77	91.05
0.40	0.800	12.000	16.00	19.20	22.40	25.60	28.80	32.00	35.20	41.60	48.00	54.40	60.80	67.20	73.60	80.00	86.40	92.80
0.41	0.795	11.925	16.30	19.56	22.82	26.08	29.34	32.60	35.85	42.37	48.89	55.41	61.93	68.45	74.97	81.49	88.01	94.53
0.42	0.790	11.850	16.59	19.91	23.23	26.54	29.86	33.18	36.50	43.13	49.77	56.41	63.04	69.68	76.31	82.95	89.59	96.22
0.43	0.785	11.775	16.88	20.25	23.63	27.00	30.38	33.76	37.13	43.88	50.63	57.38	64.13	70.89	77.64	84.39	91.14	97.89
0.44	0.780	11.700	17.16	20.59	24.02	27.46	30.89	34.32	37.75	44.62	51.48	58.34	65.21	72.07	78.94	85.80	92.66	99.53
0.45	0.775	11.625	17.44	20.93	24.41	27.90	31.39	34.88	38.36	45.34	52.31	59.29	66.26	73.24	80.21	87.19	94.16	101.14
0.46	0.770	11.550	17.71	21.25	24.79	28.34	31.88	35.42	38.96	46.05	53.13	60.21	67.30	74.38	81.47	88.55	95.63	102.72
0.47	0.765	11.475	17.98	21.57	25.17	28.76	32.36	35.96	39.55	46.74	53.93	61.12	68.31	75.51	82.70	89.89	97.08	104.27
0.48	0.760	11.400	18.24	21.89	25.54	29.18	32.83	36.48	40.13	47.42	54.72	62.02	69.31	76.61	83.90	91.20	98.50	105.79
0.49	0.755	11.325	18.50	22.20	25.90	29.60	33.30	37.00	40.69	48.09	55.49	62.89	70.29	77.69	85.09	92.49	99.89	107.29
0.50	0.750	11.250	18.75	22.50	26.25	30.00	33.75	37.50	41.25	48.75	56.25	63.75	71.25	78.75	86.25	93.75	101.25	108.75
0.51	0.745	11.175	19.00	22.80	26.60	30.40	34.20	38.00	41.79	49.39	56.99	64.59	72.19	79.79	87.39	94.99	102.59	110.19
0.52	0.740	11.100	19.24	23.09	26.94	30.78	34.63	38.48	42.33	50.02	57.72	65.42	73.11	80.81	88.50	96.20	103.90	111.59
0.53	0.735	11.025	19.48	23.37	27.27	31.16	35.06	38.96	42.85	50.64	58.43	66.22	74.01	81.81	89.60	97.39	105.18	112.97
0.54	0.730	10.950	19.71	23.65	27.59	31.54	35.48	39.42	43.36	51.25	59.13	67.01	74.90	82.78	90.67	98.55	106.43	114.32
0.55	0.725	10.875	19.94	23.93	27.91	31.90	35.89	39.88	43.86	51.84	59.81	67.79	75.76	83.74	91.71	99.69	107.66	115.64
0.56	0.720	10.800	20.16	24.19	28.22	32.26	36.29	40.32	44.35	52.42	60.48	68.54	76.61	84.67	92.74	100.80	108.86	116.93
0.568	0.716	10.74	20.33	24.40	28.47	32.54	36.60	40.67	44.74	52.87	61.00	69.14	77.27	85.40	93.54	101.67	109.81	117.94
0.57	0.715	10.725	20.38	24.45	28.53	32.60	36.68	40.76	44.83	52.98	61.13	69.28	77.43	85.59	93.74	101.89	110.04	118.19
0.58	0.710	10.650	20.59	24.71	28.82	32.94	37.06	41.18	45.30	53.53	61.77	70.01	78.24	86.48	94.71	102.95	111.19	119.42
0.59	0.705	10.575	20.80	24.96	29.12	33.28	37.44	41.60	45.75	54.07	62.39	70.71	79.03	87.35	95.67	103.99	112.31	120.63
0.60	0.700	10.500	21.00	25.20	29.40	33.60	37.80	42.00	46.20	54.60	63.00	71.40	79.80	88.20	96.60	105.00	113.40	121.80

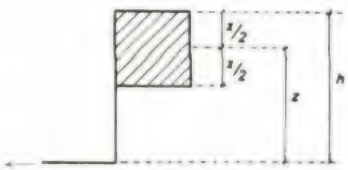
G. Faria de Vasconcellos

27-4-1962

$$s = \frac{x}{h} \quad g = \frac{z}{h} = \left(1 - \frac{s}{2}\right)$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\sigma_R}{n} \quad \bar{\sigma}_a = \frac{\sigma_e}{n} \quad M = \frac{M_R}{n}$$

$$d = \frac{M}{b\,h^2} = \bar{\sigma}_b\, s \left(1 - \frac{s}{2}\right); \quad S_a = \frac{M}{\bar{\sigma}_a\, g\, h}$$



Para aço 37 : $a = g\,\frac{1.500}{100}$;

$$S^a = \frac{M}{a\,h} \text{ (M em kg.m ; h em cm)}$$

no cálculo clássico ao utilizar-se a tensão de trabalho de 75 kg/cm² (vide tabelas de Vasco Costa — 4.ª ed., pág. 38).

4.4 — Como se sabe, a nossa regulamentação sobre sismos indica que, no cálculo à rotura, se tome o coeficiente de segurança igual à unidade, tomando no aço a tensão de cedência e no betão 2/3 da tensão «cúbica» de rotura; quer dizer, iremos admitir que a «tensão mínima característica» do aço é σ_e, tal como nas solicitações vulgares e que a «tensão mínima característica» do betão, em vez de ser 0,75 $\sigma_{cil.}$, como vulgarmente, é 0,667 $\sigma_{cub.}$ isto é 0,833 $\sigma_{cil.}$

5 — Exemplos

Exemplo 1

$b = 35 \quad h = 86 \quad M = 30.500$ kg.m

a) *Cálculo clássico*

$R_a = 1.400$ kg/cm² $\quad \delta = 11,78$

$R'_b = 66$ kg/cm² $\longrightarrow \sigma_{cub.} = 172$ kg/cm²

$\gamma = 0,977$

$\boxed{A_a = 29,41 \text{ cm}^2}$

b) *Cálculo clássico*

$R_a = 1.500$ kg/cm² $\quad \delta = 11,78$

$R'_b = 68$ kg/cm²

$\gamma = 0,907$

$\boxed{A_a = 27,3 \text{ cm}^2}$

($R'_b = 75$ kg/cm² $\quad \varepsilon R_a = 1286 \quad A_a = 27,6$ cm²)

c) *Cálculo à rotura*

$\bar{\sigma}_b = 60$ kg/cm² $\longrightarrow \sigma_{cub.} = 165$ kg/cm²

$d = 11,78 \quad a = 13.345 \quad \boxed{S_a = 26,56 \text{ cm}^2}$

d) *Cálculo à rotura*

$\bar{\sigma}_b = 70$ kg/cm² (isto é empregando a mesma «intensão de segurança» que utilizamos no cálculo clássico ao admitirmos $R'_b = 74$ kg/cm²)

$d = 11,78 \quad a = 13,61 \quad \boxed{S_a = 26,06 \text{ cm}^2}$

e) *Cálculo à rotura*

$\bar{\sigma}_b = 80$ kg/cm²

$d = 11,78 \quad a = 13,80 \quad \boxed{S_a = 25,70 \text{ cm}^2}$

a.e) A comparação de mais interesse, sob o ponto de vista prático, será entre o resultado desta última e o primeiro, embora a intrìnsecamente mais correcta seja entre *b*) e *e*). Com o cálculo clássico, mesmo sabendo «a priori», que tinhamos um betão que permitiria $R'_b = 75$ kg/cm², a armadura que obteríamos era 29,41 cm². No cálculo à rotura, admitindo um betão igual, poderíamos obter 25,70 cm²; isto é, com o cálculo clássico seriamos conduzidos a um *aumento de consumo do aço* na ordem de

$$\frac{100\,(29,41 - 25,70)}{25,70} = 14,4\,\%$$

ou por outro, passando do cálculo clássico para o cálculo à rotura teríamos uma *ecónomia de 12,6 %*. (Comparando a alínea *b*) con a *e*) teremos que na primeira se era conduzido a um *aumento de consumo* da ordem dos *6,3 %*).

Exemplo 2

Vejamos agora a mesma viga com um *momento duplo ao anterior*

$b = 35 \quad h = 86 \quad M = 61.000$ kg.m

a) **Cálculo clássico**

$\delta = 23,56$

para armadura simples obteríamos

$R'_b = 107$ kg/cm²,

isto é, seria necessário um betão com

$\sigma_{cub} = 280$ kg/cm²;

portanto teremos de empregar armadura de compressão; seja:

$R'_b = 75$ kg/cm² $\quad (\sigma_{cub} = 195$ a 225 kg/cm²)

$R_a = 1.400$ kg/cm²

$\varphi = 0,75 \quad \varepsilon R_a = 1.190$

$A_a = 59,60$ cm²

$A'_a = 44,70$ cm²

$\boxed{\text{armadura total : } 104,30 \text{ cm}^2}$

consideremos mesmo $\quad R_a = 1.500$ kg/cm²

$R'_b = 75$ kg/cm²

$\varphi = 0,875 \quad \varepsilon R_a = 1.286$

$A_a = 55{,}20\ cm^2$
$A'_a = 48{,}30\ cm^2$

Armadura total: 103,50 cm^2

consideremos $R_a = 1.200\ kg/cm^2$
$R'_b = 75\ kg/cm^2$
$\gamma = 0{,}53 \quad \varepsilon R_a = 1.007$
$A_a = 70{,}5\ cm^2$
$A'_a = 37{,}4\ cm^2$

Armadura total: 107,9 cm^2

b) **Cálculo à rotura**

$\bar{\sigma}_b = 60\ kg/cm^2 \longrightarrow \sigma_{cub} = 165\ kg/cm^2$
$s = 0{,}54 \quad d = 23{,}56 \quad a = 10{,}975$

$S_a = 64{,}60\ cm^2$

Segundo a NB-1 a peça será sub-armada para $s < 0{,}568$ como já vimos; no entanto, procedendo como se propõe, isto é, em acordo com o recomendado pelo C. E. B. teríamos:

$s = 0{,}500 \quad d = 22{,}50 \quad M_1 = 58.200$
$a = 11{,}25 \quad S_{a1} = 60{,}20\ cm^2$
$M_2 = 61.000 - 58.200 = 2.800 \quad h' = 83$

$$S_{a2} = \frac{2.80000}{1.500 \times 83} = 2{,}25\ cm^2$$

$S_a = 60{,}20 + 2{,}25 = 62{,}45\ cm^2$
$S'_a = 2{,}25\ cm^2$

Armadura total: 64,70 cm^2

c) **Cálculo à rotura**

$\bar{\sigma}_b = 70\ kg/cm^2 \longrightarrow \sigma_{cub} = 192\ kg/cm^2$
$s = 0{,}43 \quad a = 11{,}78 \quad S_a = 60{,}10\ cm^2$

d) **Cálculo à rotura**

$\bar{\sigma}_b = 80\ kg/cm^2 \longrightarrow \sigma_{cub} = 220\ kg/cm^2$
$d = 23{,}56 \quad a = 12{,}309 \quad S_a = 57{,}60\ cm^2$

a.d) Comparando os resultados de *a*) com *d*) verificamos que o cálculo clássico nos obrigaria a um **aumento** de consumo do aço da ordem de

$$\frac{100\ (104{,}30 - 57{,}60)}{57{,}60} = 81{,}1\ \%$$

ou, encarando por outro prisma: *passando do cálculo clássico para o cálculo à rotura teremos uma* **economia de 45 %**. Como se vê, é na realidade surpreendente e substancial a vantagem deste cálculo em relação ao clássico, vantagem tanto mais notória, quanto maior for o esforço.

Exemplo 3

Determinação da **altura mínima** («armação normal»)

$M = 50.000\ kg.m \quad b = 35$

a) *Cálculo clássico*

para $R'_b = 75\ kg/cm^2 \quad R''_a = 1.400\ kg/cm^2$
$d = 14{,}25 \quad h = 101\ cm$
$(\gamma = 1{,}193 \quad A_a = 42{,}10\ cm^2)$

para $R'_b = 75\ kg/cm^2 \quad R_a = 1.500\ kg/cm^2$
$d = 13{,}78 \quad h = 102\ cm$
$(\gamma = 1{,}072 \quad A_a = 38{,}2\ cm^2)$

para $R'_b = 75\ kg/cm^2 \quad R_a = 1.200\ kg/cm^2$
$d = 15{,}22 \quad h = 97\ cm$
$(\gamma = 1{,}512 \quad A_a = 51{,}4\ cm^2)$

para $R'_b = 75\ kg/cm^2 \quad R_a = 1.000\ kg/cm^2$
$d = 16{,}36 \quad h = 94\ cm$
$(\gamma = 1{,}985 \quad A_a = 65{,}4\ cm^2)$

b) *Cálculo à rotura*

$\bar{\sigma}_a = 80\ kg/cm^2$
$s = 0{,}568 \quad d = 32{,}54 \quad h = 66\ cm$
$(a = 10{,}74 \quad S_a = 70{,}5\ cm^2)$

$s = 0{,}500 \quad d = 30{,}00 \quad \mathbf{h = 69\ cm}$
$(a = 11{,}25 \quad \mathbf{S_a = 64{,}6\ cm^2})$

Como se vê, a vantagem do cálculo proposto é manifesta.

Note-se que ao pretendermos determinar a altura mínima, poderemos estar perante um problema que muito provàvelmente não será o da economia mas antes um problema arquitectónico ou de espaço.

c) Comparando o resultado anterior com o fornecido pelo cálculo clássico, vemos que para um consumo de aço pràticamente igual (64,6 e 65,4 cm^2) seríamos conduzidos a uma altura 36,2 % maior que a necessária (de 69 para 94 cm).

Poclain T.Y. 45

Escavadora-Retro Escavadora-Grua

- POTÊNCIA AUMENTADA
- ROTAÇÃO TOTAL E CONTÍNUA
- ESTABILIDADE 100 %
- 20 BALDES DIFERENTES

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola, S. A. R. L.
Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B-1.º — LISBOA
Telefone: 72 40 53/4/5

SMEIA

berliet
berliet
tramagal

d) Já agora comparemos, econòmicamente, o último resultado com o que seria fornecido pelo cálculo clássico, para a mesma altura

$M = 50.000$ kg.m $\quad b = 35 \quad h = 69$

$d = 30{,}00 \quad \varphi = 1 \quad \varepsilon R_a = 1.194$

$A_a = 60{,}6$ cm²

$A'_a = 60{,}6$ cm²

$\boxed{\text{Armadura total: } 121{,}2 \text{ cm}^2}$

Isto é, pelo cálculo clássico, com a altura $h = 69$ cm teríamos um consumo de aco **87** % maior do que o necessário.

Exemplo 4

Aço: Heliaço

$b = 35 \quad H = 86 \quad M = 43.500$ kg.m

a) *Cálculo clássico*

$R_a = 2.400$ kg/cm²

$R'_b = 100$ kg/cm² $\longrightarrow \sigma_{cub} = 300$ kg/cm²

$\delta = 16{,}82 \quad \gamma = 0{,}80\varepsilon \quad A_a = 24{,}17$ cm²

b) *Cálculo à rotura*

$\sigma_{cub} = 300$ kg/cm² $\longrightarrow \sigma_{cil} =$

$= 240$ kg/cm² $\longrightarrow \sigma_R = 180$ kg/cm²

$\bar{\sigma}_b = 109 \simeq 110$ kg/cm²

$d = 16{,}82 \qquad g = 0{,}917$

$$S_a = \frac{43.500.00}{2.400 \times 0{,}917 \times 86} = 23{,}00 \text{ cm}^2$$

O cálculo clássico conduzir-nos-ia a um aumento do consumo do aço de

$$\frac{100\,(24{,}17 - 23{,}00)}{23{,}00} = 5{,}1\ \%$$

Exemplo 5

Aço: Heliaço

Betão: $\sigma_{cub} = 300$ kg/cm² $<> \begin{cases} R'_b = 100 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}_b = 110 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$

$H = 86 \qquad M = 61.000$ kg.m

$b = 35 \qquad d = 23{,}56$

a) *Cálculo clássico*

$\delta = 23{,}56 \quad R'_b = 100$ kg/cm² $\quad \varphi = 0{,}7 \quad \varepsilon R_a = 2.092$

$A_a = 33{,}95$ cm²

$A'_a = 23{,}76$ cm²

$\boxed{\text{armadura total: } 57{,}71 \text{ cm}^2}$

b) *Cálculo à rotura*

$\bar{\sigma}_b = 110$ kg/cm² $\qquad d = 23{,}56$

$(s \simeq 0{,}24 < 0{,}355) \qquad g = 0{,}878$

$$S_a = \frac{61.000.00}{2.400 \times 0.878 \times 86} = \boxed{33{,}60 \text{ cm}^2}$$

O cálculo clássico conduzir-nos-ia a um *aumento* do consumo de aço de

$$\frac{100\,(57{,}71 - 33{,}60)}{33{,}60} = 71{,}7\ \%$$

Exemplo 6

Aço: Haliaço

Betão: $\sigma_{cub.} = 300$ kg/cm² $<> \begin{cases} R'_b = 100 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}_b = 110 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$

$H = 86 \qquad M = 90.000$ kg.m

$b = 35$

a) Cálculo clássico

$\delta = 34{,}8$

segundo os moldes deste cálculo, não se poderiam aproveitar plenamente as possibilidades do aço pois que para $R'_b = 100$ kg/cm² e $R_a = 2.400$ kg/cm² e $\varphi = 1$, tem-se apenas $\delta = 28{,}77$.

No entanto para $R_a = 2.000$ kg/cm², ter-se-á:

$R'_b = 100$ kg/cm² $\quad \varphi = 0{,}958 \quad \varepsilon R_a = 1.714$

$A_a = 61{,}10$ cm²

$A'_a = 57{,}80$ cm²

$\boxed{\text{Total: } 118{,}90 \text{ cm}^2}$

b) Cálculo à rotura

$\bar{\sigma}_b = 110$ kg/cm²

«armação normal» para $s = 0{,}355$ (ver 3.4.1.2)

$s = 0{,}355 \qquad d = 32{,}11 \qquad M_1 = 83.100$ kg.m

$g = 0{,}823 \quad S_{a1} = \dfrac{83.100.00}{2.400 \times 0{,}823 \times 86} = 48{,}80$ cm²

$M_2 = 90.000 - 83.100 = 6.900$ kg.m $\qquad h' = 83$ cm

$(\sigma_h = 3600$ kg/cm²; $3600/1{,}65 \simeq 2200)$

$$S_{a2} = \frac{6.900.000}{2.200 \times 83} = 3{,}78 \text{ cm}^2$$

$S_a = 48{,}80 + 3{,}78 = 52{,}58$ cm²

$S'_a = \ldots\ldots\ldots = 3{,}78$ cm²

$\boxed{\text{Total} \ldots\ldots = 56{,}36 \text{ cm}^2}$

Assim, o cálculo clássico levar-nos-ia a um aumento desnecessário no consumo do aço de

$$\frac{100\ (118{,}90 - 56{,}36)}{56{,}36} = 110{,}9\ \%$$

Exemplo 7

Armadura mínima

Suponhamos que a secção teòricamente necessária, é tal que:

$$b = 27 \qquad H = 65 \qquad h = 62$$

e que: $\sigma_e = 2.400\ kg/cm^2 \qquad \sigma_R = 132\ kg/cm^2$

$$\bar{\sigma}_b = 80\ kg/cm^2$$

a percentagem mínima será:

$$\lambda = \frac{\sigma_R}{\sigma_e}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{(H/h)^2}{15}}\right)$$

$$\lambda = \frac{132}{2.400}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{65/62}{15}}\right) = 0{,}22\ \%$$

Comprovemos, utilizando a expressão que, segundo Saliger, nos dá o momento de rotura para uma viga não armada.

$$M_B = \frac{b\,H^2\,\sigma_{pr}}{36}$$

sendo σ_{pr} a resistência prismática aos 28 dias e considerando que a resistência à tracção é 1/6 desta (em vez de σ_{pr} pode tomar-se σ_{cil});

$$\sigma_R = 132\ kg/cm^2 = \begin{cases} \bar{\sigma}_b = 80\ kg/cm^2 \\ \sigma_{cil} = 176/cm^2 \end{cases}$$

$$M_B = \frac{27 \times 65^2 \times 176}{36} = 5.580\ kg.m$$

operando com o coeficiente de segurança «n»:

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\sigma_R}{n} \quad e \quad \bar{\sigma}_a = \frac{\sigma_e}{n} \qquad M = \frac{M_R}{n} = \frac{5.580}{1{,}65} = 3.380$$

$$d = \frac{3.380}{27 \times 62^2} = 3{,}26 \quad a = 14{,}69 \quad S_a = 3{,}71\ cm^2$$

$$\lambda = \frac{3{,}71}{27 \times 62} \simeq 0{,}22\ \%$$

Exemplo 8

Consideremos a mesma viga, isto é:

$b = 27 \qquad H = 65 \qquad h = 62$ cm.

aço normal (A — 37)

betão: $\sigma_R = 132\ kg/cm^2$

sujeita ao momento $M = 1.500$ kg.m devido às cargas permanentes e sobrecargas de utilização.

$$d = 1{,}45 \qquad a = 14{,}85 \qquad S_a = 1{,}63\ cm^2$$

no entanto, a armadura mínima, referida à secção total, será:

$$0{,}0022 \times 27 \times 62 = 3{,}68\ cm^2$$

Ora, na realidade, a armadura mínima necessária, será:

de F36: $s = \lambda \dfrac{\sigma_e}{\sigma_R}\ 0{,}0022 \times \dfrac{2.400}{132} = 0{,}04$

de F42: $d = \sigma_R\left[s\left(1 - \dfrac{s}{2}\right)\right] =$

$$= 132 \times 0{,}04 \times 0{,}980 = 5{,}17$$

$$\frac{5{,}17}{n} = 3{,}14$$

de F43A: $h = \sqrt{\dfrac{M}{b\,d}} = \sqrt{\dfrac{1.500.00}{27 \times 3{,}14}} = 42$ cm.

$$a = 14{,}70 \quad S_a = \frac{1.500}{42 \times 14{,}7} \simeq 2{,}5\ cm^2$$

$$(0{,}0022 = 42 \times 27 = 2{,}5\ cm^2)$$

Suponhamos que $M = 1.500$ kg.m era devido aos sismos; então consideraríamos:

$$d = 5{,}17$$

$$h = \sqrt{\frac{1.500.00}{5{,}17 \times 27}} = 32{,}8\ cm \qquad g = 0{,}980$$

$$S_a = \frac{1.500.00}{0{,}980 \times 32{,}8 \times 2.400} = 1{,}95\ cm^2$$

$$(0{,}0022 \times 32{,}8 \times 27 = 1{,}95\ cm^2)$$

* * *

Ao finalizar estes exemplos, ocorreu-nos a célebre máxima de Leonardo da Vinci *«studia prima la scienza e poi seguita la pratica, nata da essa scienza»*...

Cascais, Abril de 1962.

NOTAÇÃO

a = (1.500 g/100)
b = largura da viga
c = distância do c. g. da armadura comprimida ao bordo exterior, comprimido da secção
d = (M/bh^2)
f = factor de homogeneidade
g = z/h: valor unitário do comprimento do braço da alavanca do binário interno (notação para a Fase III)
h = altura útil de secção da viga
h' = distância entre os centros de gravidade das armaduras de tracção e compressão
j = coeficiente de majoração de cargas
k = constante
m = relação entre os modulos de elasticidade do aço e do betão comprimido
n = coeficiente global de segurança
p = carga
q = carga
r = $1/d^2$
s = x/h: valor unitário da profundidade da linha neutra
u = carga
u_t = perímetro total dos varões da armadura
v = coeficiente de variação
x = profundidade da linha neutra referido ao diagrama de cálculo
x' = profundidade da linha neutra referido ao diagrama teórico
z = comprimento do braço da alavanca do binário interno
c. g. = centro de gravidade
l. n. = linha neutra
A_a = Armadura de tracção
A'_a = Armadura de compressão
C = resultante das compressões
E_a = módulo de elasticidade do aço
E_b = módulo de elasticidade do betão comprimido
E'_b = módulo de elasticidade do betão fictício tendido da secção homogeneizada
H = altura total da viga
K = constante
M = Momento solicitante devido às cargas de serviço
M_B = momento de rotura para uma viga não armada
M_E = momento devido às cargas de cálculo, determinado admitindo o funcionamento elástico da estrutura
M_P = momento de plastificação arbitrado
M_R = momento de rotura
S_a = secção da armadura de tracção
S_{a2} = secção da armadura de compressão
S'_a = secção da armadura de compressão
S_b = secção de betão
S'_b = secção de betão fictício traccionado (cálculo clássico)
T = resultante das tracções
ε = x/h: profundidade unitária da linha neutra (notação do cálculo clássico)
ε_a = alongamento unitário da armadura em regímen elástico
ε_e = alongamento unitário da armadura no início da cedência
ε_t = alongamento unitário total da armadura no início de cedência convencional (aços torcidos)
ε_b = encurtamento convencional do betão, por ocasião da rotura (diagrama de cálculo)
ε_R = encurtamento «real» do betão, por ocasião da rotura (diagrama teórico)
λ = S_a/bh: percentagem da armadura
φ = A'_a/A_a
ϕ = diâmetro dos varões da armadura
σ_a = tensão na armadura em fase elástica
σ_F = » » » » » »
$\overline{\sigma_a}$ = tensão fictícia de cedência do aço (cálculo à rotura)
σ_b = tensão no betão em fase elástica
σ_b' = tensão no betão fictício tendido (cálculo clássico)
$\overline{\sigma_b}$ = tensão fictícia da rotura do betão (cálculo à rotura)
σ_e = tensão de cedência do aço
σ_h = tensão no aço torcido correspondente ao encurtamento unitário total de 2 mm/m
σ_R = tensão de rotura do betão para cálculo das secções (resistência mínima característica)
σ_{cil} = tensão de rotura de provetes cilindricos
σ_{cub} = tensão de rotura de provetes cúbicos
σ_{pr} = » » » » » prismáticos

BIBLIOGRAFIA

Dr. Eng.º Aeron Helfgot (do Lab Ens. Mat. e Pesq. Tec. de Buenos Aires).
— «Vigas de concreto armado com armadura dupla» (Est. 17–1959).
— «Concepto actualizado de seguridad y aviso en estructuras de hormigon armado» (VIII J. S. – A. Eng. — S. Tiago do Chile — Set. 1959).

Prof. Aderson Moreira da Rocha (Prof. Cat. da Univ. do Brasil).
— «Curso de Concreto Armado» (ed. 1957).
— «Problemas especiais do dimensionamento do concreto armado» (Est., Nov. 1957).
— «O método russo de rotura para flexão simples» (Est. 12 — 1958).

Prof. António Alves de Noronha (Prof. Cat. da Univ. do Brasil).
— «O método das solicitações limites» (Est. 12 — 1958).
— «Regulamentação comparada do betão armado» (1ª J. - L. Br. de Eng., Set. 1960).

Dr. Eng.º Fernando L. Lobo Carneiro (do Inst. Nac. de Tec. do Brasil).
— «Revisão da norma brazileira NB-1» (Est. 7 - 1958).
— «Cálculo das estruturas hiperestáticas de concreto armado no regimen plástico» (1ª J. L.-Br. de Eng. — Lisboa, Set. 1960).
— «Teoria da fissuração de peças de concreto armado» (Est. 26,27 - 1960).
— «Sugestões para uma norma de cálculo plástico de estruturas hiperestáticas de concreto-armado» (Est. 38 - 1961).

Prof. Joaquim Blessmann (Prof. da Univ. de Rio Grande do Sul)
— «Aços especiais em estruturas correntes de concreto armado» (Est. 7 - 1958).
— «Considerações sobre o cálculo de vigas Tê no Estádio III» (Est. 10 - 1958).

Dr. Eng.º Joaquim Sampaio (da F. E. da Univ. do Porto).
— «Cálculo à rotura de peças de betão armado sujeitos à flexão simples» (1955).

Prof. José Carlos de Figueiredo Ferraz (Prof Cat. da Univ. de São Paulo).
— «Sugestões ao projecto de revisão do NB-1» (Est 16 - 1959).

Eng.º Yves Saillart (Secretário permanente do C. E. B.)
— «Unification Internationale des regles de Beton Armé» (Est. 41 - 1961).

— Aços torcidos em Portugal (L.N.E.C.) (Est. 10 - 1958).
— Norma brasileira NB-1 (1960).
— » » NB-2
— » russa N e Tu 123-55.

SUMÁRIO DO NÚMERO ANTERIOR

INTRODUÇÃO. Nesta, logo de início e de modo implícito, faz-se a justificação do aparecimento do presente trabalho. Visão sumária e panorâmica do estado actual do cálculo dos esforços **solicitantes** em relação à rotura (rótula plástica, diagrama hiperestático plástico, adaptações, etc). — NOTAÇÃO. CÁLCULO CLÁSSICO DOS ESFORÇOS RESISTENTES: Apresentação das suas bases (lei de Hooke, hipótese de Bernouilli, hipótese de Navier, lei da Homogenização, Fases ou Estádios) e do modo como se processa (teorema dos momentos estáticos e análise do binário elástico), com alusão às tabelas.

SUMÁRIO DO PRESENTE NÚMERO

CÁLCULO DOS ESFORÇOS RESISTENTES EM RELAÇÃO À ROTURA, isto é, em linguagem mais «prática», «determinação da armadura e verificação das secções em relação à rotura» (Apoia-se muito de perto no processo decorrente da NB-1 e nas últimas recomendações do C.E.B.). Em que consiste; definições. Suas bases; considerações, apreciações e deduções sobre diagrama de tensões, tensão de rotura σ_R, tensão de cedência σ_e, factores do coeficiente de segurança e coeficiente global de segurança, resistência do betão à tracção, hipótese de Bernouilli, encurtamento convencional do betão. Diferença e fronteira entre peças sub e super-armadas; posição da linha neutra. Momento de rotura em peças sub-armadas; considerações e paralela dedução das tabelas. Armadura de compressão; algumas observações. Verificação das secções sub-armadas e super-armadas; considerações, apreciações e deduções. Armadura miníma. TABELAS; algumas observações. Alguns EXEMPLOS de aplicação com comparações a propósito. BIBLIOGRAFIA.

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. U. 666.94

O cimento. Problemas científicos, técnicos e económicos

(Notas tiradas duma conferência de H. Lafuma reproduzida na revista *Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics*)

I — Composição dos cimentos. Problemas referentes à sua estrutura química

Como todos nós sabemos o cimento é um pó fino, em geral de cor parda, sendo considerado um bom ligante hidráulico pois faz presa por meio de água, podendo a pasta resultante desta mistura aglomerar materiais inertes, originando argamassas e betões. Bàsicamente, os constituintes do cimento são os silicatos e aluminatos, que resultam da sílica, alumina e cal. Segundo a hipótese do químico Le Chatelier, o cimento na sua fase de aplicação é constituído por elementos anidros, instáveis em presença da água passando a estáveis quando hidratados. No entanto, a água que se aplica na amassadura não pode ser em grande quantidade e se é pouca os elementos do cimento não cristalizam todos, obtendo-se uma presa defeituosa. Isto porque os elementos do cimento quando em contacto com a água, dissolvem-se nela até à saturação, após o que fazem presa por cristalização. Realizada esta, nova quantidade de elementos anidros se dissolve e faz presa. Por esta hipótese se vê que, se a água é pouca, parte do cimento não faz presa e a argamassa tem uma resistência menor, e que se é muita, o cimento nunca chega a saturar a mistura. É esta necessidade de os elementos do cimento ao dissolverem-se na água darem hidratos pràticamente insolúveis, que vai limitar o número de cimentos que se podem formar misturando silicatos e aluminatos de cálcio anidros.

É pela análise destes silicatos e aluminatos que compõem o cimento, que muitas vezes se chega a conclusões sobre a multiplicidade de estados instáveis, lentidão de reacção na presa, comportamento do cimento no estado sólido, etc. Analisando um clinquer, cimento do alto forno antes de moído, temos:

Silicato tritacálcico ou alite..... $Si\ O_2,3\ O\ Ca$
Silicato bicálcico ou alite..... $Si\ O_2,2\ O\ Ca$
Aluminato tricálcico..... $O_3\ Al_2.3\ O\ Ca$
Ferroaluminato tetracálcico..... $O_3\ Fe_2,O_3\ Al_2,4\ O\ Ca$

Os silicatos são os elementos fundamentais do cimento pois ocupam em % cerca de 75 % (esta % varia entre 65 % e 90 %). Vários investigadores, que se dedicaram à determinação das suas propriedades, provaram que os silicatos hidratados são os responsáveis pelas resistências mecânicas, isto devido aos seus cristais se apresentarem em camadas onduladas e denticuladas permitindo a sua interpenetração, enquanto os aluminatos hidratados apresentam cristais lisos. É excepção o aluminato monocálcico que dá um bom cimento por apresentar cristais com características semelhantes às dos silicatos.

Na realidade a alite e a belite do clinquer não são silicatos puros, pois na sua rede cristalina há pequenas quantidades de alumina, magnésia e outros. O químico Jeffery chega a propor para a alite a fórmula

$$16\ Si\ O_2,O_3Al_2,O\ Mg,\ 54\ O\ Ca.$$

O silicato tricálcico puro apresenta 4 ou 5 variedades alotrópicas, cada uma estável dentro dum certo intervalo de temperaturas, e dectetadas ou por análise térmica diferencial ou por difractografia aos raios X, processos estes por vezes com resultados diferentes. À temperatura ordinária, este silicato cristaliza no sistema triclínico, apresentando formas monoclínicas entre os 650 °C e os 900 °C e formas romboédricas entre os 900 °C e os 1380 °C; antes de fundir (2070 °C) é estável sob uma forma ainda. A alite que encontramos no clinquer é, porém, impura, estabilizando no sistema monoclínico à temperatura ordinária (estas impurezas são geralmente a alumina e a magnésia, embora possam não existir na rede da alite na proporção indicada por Jeffery). Assim, se a magnésia é inferior 0,5 % temos a rede triclina do silicato; se fica entre 0,5 e 1 % a rede monoclínica: se fica entre 1 a 2 % temos para o silicato uma rede romboédrica, sempre para a temperatura ordinária. Com o sexquióxido de ferro passa-se um caso semelhante.

Outra descoberta da investigação é a de que a inserção de 0,7 % de iões $S\ O_4$ na rede do silicato tricálcico puro, estabiliza-o à temperatura ordinária sob a forma de alite (simetria monoclínica). Ora na prática costuma-se juntar gesso ao clinquer, na moagem para regularizar a presa do cimento. Se o clinquer é rico em $S\ O_3$, que aqui não desempenha o papel de regularizador, esta % pode evitar que se possa juntar o gesso, pois a % de $S\ O_3$ dum cimento não pode ultrapassar 3 % e o industrial vê-se em dificuldade para regularizar a presa do seu cimento não transgredindo a norma.

Enquanto o silicato tricálcico fornece a maior parte das resistências mecânicas, especialmente no início, o silicato bicálcico contribui para o aumento das resistências mecânicas com o tempo. Apresenta as variedades α, que é hexagonal, α', ortorrômbica, β, monoclínica, γ, ortorrômbica, e talvez uma forma cúbica estável acima de 1600°C. A forma γ é estável à temperatura ordinária, mas é inerte sob o ponto de vista hidráulico. A belite do clinquer parece-se mais com a

forma β, hidràulicamente activa. Actualmente em laboratórios franceses, já se obteve a belite sintèticamente, embora mais dificilmente que a alite, e estuda-se a passagem da forma β a γ, tendo-se verificado que esta transição se faz com uma variação importante nas propriedades químicas.

Um segundo problema é o dos produtos hidratados. Já vimos que os silicatos absorvem água estabilizando, e cristalizam ao fazer presa. É interessante assinalar que o comportamento destes sais é absolutamente contrário ao dos sais hidratados, ricos em água e geralmente muito solúveis. Assim, aqueles sais, encerrando 30 a 80 partes de água por 100 partes de anidro, são pràticamente insolúveis na água, comportamento estranho que está ligado às particularidades das estruturas e às ligações iónicas dos silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Duas correntes se formam então: Le Chatelier sustentava que o endurecimento do cimento resultava da formação de hidratos cristalizados em agulhas finas; Michaelis atribuía o endurecimento à formação de um gel amorfo. Após 50 anos, verificou-se que os silicatos hidratados eram de facto cristalinos mas com dimensões de matéria coloidal. Trata-se pois de um gel cristalino. Modernamente com os raios X e o microscópio electrónico fizeram-se investigações orientadas ou segundo a escola americana — que estuda as características do gel, preponderante após algumas horas de presa — ou segundo a escola inglesa — que se dedicou a resolver os problemas da estrutura cristalina destes silicatos de cálcio hidratados. Particularmente nas suas investigações, os americanos chegaram à conclusão que a superfície específica do gel do cimento Portland (medida pelo método de absorção B. E. T.) é da ordem dos 300 m^2/g, o que nos indica ser o gel composto de partículas extremamente pequenas (de diâmetro da ordem dos 80 a 100 Å). Ora isto explica a aderência que se verifica entre os elementos de betão. Outra particularidade que merece ser assinalada é o facto de os hidratos e os aluminatos, mais que os silicatos, serem hidrolisáveis, quer dizer abandonam à água pequenas qnantidades de cal o que torna o meio alcalino óptimo para a conservação das armaduras do betão armado.

Nos métodos recentes de investigação dos cimentos usam-se a absorção infra-vermelha, a análise térmica diferencial, a termogravimetria e num futuro mais ou menos próximo a absorção hertziana, a ressonância electrónica, etc.

Quanto ao fabrico do betão, a hidratação do cimento vai reforçar a coesão daquele, pois aumentou a percentagem dos elementos de ligação. Pode-se mesmo afirmar que a resistência mecânica do betão num dado momento se pode exprimir em função da concentração dos produtos hidratados nos vasios do esqueleto do inerte.

II — Problemas técnicos e económicos na indústria do cimento

Toda a gente, até o leigo, sabe do incremento que a construção civil tem tido em todo o mundo. Na França, em 10 anos (1949-59) a produção de cimento passou de 7 milhões de toneladas para 14 milhões, e na Rússia, os 10 milhões que se produziram em 1950 subiram para 45 milhões de toneladas em 1960. Para fazer face a esta subida das necessidades, a indústria dos cimentos cada vez se mecaniza e automatiza mais, construindo-se grandes unidades que vão permitir uma produção maciça mais barata, pois a mão-de-obra e o consumo de combustíveis são reduzidos.

Dentro desta linha os diâmetros dos fornos passaram de 2 metros para 5,80 m; os comprimentos dos mesmos de 35 m para 150 e 175 m; e a produção de 25 a 40 t/dia para 1500 t/dia (Obourg), 1800 t/dia (Gargenville), 2000 t/dia (Alhandra), e 2500 t dia (Atchinsk na Sibéria). Outras operações, como a trituração do elemento não cozido e a do clinquer, passaram a ser mais rápidas pois aumentou-se o poder motor dos trituradores de bolas (os motores aumentaram de 250 CV para 2500 CV nos trituradores de Atchinsk que têm de diâmetro 3,2 e 14 m de comprimento produzindo 60 t dia). Igualmente o transporte do cimento e das poeiras secas por meio de ar comprimido ou ventilado, ou o emprego de correias de caoutchouc para o transporte dos materiais granulares, foram outras tantas revoluções técnicas.

Calcula-se que os investimentos de uma indústria moderna de cimento Portland (material e técnicos) representem 4 anos de receitas e em vista disto há tendência para se aplicarem materiais baratos como puzolanas e escórias de altos fornos, cuja função é baixar a relação $\frac{\text{preço da tonelada de cimento}}{\text{preço da tonelada de carvão}}$, que ao longo do tempo baixou sucessivamente de 2 para 1,25 tornando-se o cimento o material de aplicação mais generalizada.

Analisando a evolução das técnicas de construção pode-se prever para os próximos anos a distribuição do cimento por 3 sectores bem diferenciados:

1) — nas alvenarias onde as técnicas são ainda com as características artesanais;

2) — nos betões simples e betões armados que não reclamam resistências excepcionais, mas sim cimentos de fácil e seguro emprego que assegurem bom comportamento das obras (absorve actualmente maiores tonelagens que os outros sectores);

3) — em técnicas mais evoluídas, exigindo resistências mecânicas sempre mais elevadas e endurecimenos mais rápidos, como seja a prefabricação e o pre-esforço. Examinemos estes três sectores de aplicação do cimento.

Em alvenarias, a argamassa de união deve ser bastante plástica, com boa aderência aos materiais que pretende unir, e fraca tendência a frissurar, para não diminuir a impermeabilização da construção. O cimento a aplicar deve pois ser fino, com uma resistência à compressão pequena para a argamassa se adaptar bem à fenda. As cais hidráulicas eram as mais empregadas e foram substituídas por misturas bem trituradas do clinquer do cimento Portland com calcáreo cru, ou por argamassas bastardas de cimento Portland e cal hidráulica. Nestas misturas a percentagem de

ambos os elementos pode ser perfeitamente regulada de modo a obterem-se as propriedades físicas e mecânicas que se desejam. Para isso é preciso conhecer bem tanto as propriedades do cimento como as da cal empregados.

O cimento para aplicações gerais é o Portland com ou sem adições. Usa-se imenso nas obras de betão simples ou armado, nas injecções de consolidação de um terreno, etc. É neste tipo corrente de cimento que se adicionam produtos como escórias dos altos fornos e cinzas volantes, solução esta que reduz imenso os encargos de matérias-primas. Criaram-se deste modo os cimentos de escórias e os cimentos metalúrgicos sobressulfatados. O emprego destas substâncias nos cimentos ainda apresenta as vantagens de dar vazão aos resíduos dos altos fornos que criam o grande problema da armazenagem. Basta conhecer a catástrofe de Liége, onde o desabamento de uma colina de cinzas e escórias soterrou várias casas. Devido a isto as centrais térmicas alemãs são equipadas sistemàticamente para a reinjecção das cinzas volantes e a evacuação das cinzas fundidas, de mais fácil utilização.

O cimento de alta resistência é usado na prefabricação e no preesforço. Com a necessidade cada vez maior de construções, só a prefabricação, que transforma a obra num posto de montagem rápido, pode ser a solução para se construir mais rápido e mais barato. As peças são feitas em estaleiro fazendo presa ao abrigo das intempéries. As tensões máximas de compressão, admissíveis para obras de betão preesforçado, são da ordem de 120 a 130 Kg/cm², exigindo betões que aos 90 dias tenham resistências de 400 a 450 Kg/cm², sendo a presa rápida pois tratam-se supercimentos. Em estaleiro estes betões podem atingir 600 Kg/cm² aos 90 dias, podendo as peças aguentar compressões de 170 ou mesmo 200 Kg/cm². Actualmente, em estaleiro, já se conseguiram obter resistências da ordem dos 1200 Kg/cm², o que é notável para um supercimento e os mesmos estudos fazem-nos prever a obtenção de resistências da ordem dos 2 a 3000 Kg/cm² vizinha dos agregados que entram no fabrico dos betões, facto que se pode considerar uma verdadeira revolução nos materiais de construção actualmente usados.

Actualmente verificou-se que o cimento obtido nas grandes unidades fabris tinha características de supercimento, sendo usado o cimento normal nas peças preesforçadas. Isto levou a pensar-se ainda mais na aplicacão de escórias e outros materiais pobres na indústria do cimento, tornando este mais barato.

III — **Problemas da normalização**

Em todo o mundo, cada país tem várias espécies de cimento normalizadas, e também em toda a parte se concorda que é necessário reduzir o seu número. Várias tentativas de normalização têm sido feitas como:

1) a tentativa americana de considerar a classificação em função das utilizações do cimento, definindo várias características principais tais como uso geral, calor de hidratação, resistência aos sulfatos, etc. ..., que levou a 5 tipos de cimento Portland.

2) a francesa, cuja classificação se baseia na composição dos cimentos (percentagem de clinquer e de produtos de adição) o que deu lugar a uma dezena de produtos considerados diferentes.

Por aqui pode achar-se a normalização americana, de apenas 5 espécies, a melhor.

No entanto se entrarmos com as normas federais, as normas A. S. T. M. (com as puzolanas) e outras variantes, chegámos a um total de 37 cimentos diferentes. Claro que cada fábrica não faz todos estes produtos, mas em média o número de cimentos de uma fábrica americana é maior do que o duma fábrica francesa.

Cada vez é pois mais notória a conclusão de que, antes de normalizar é preciso convencer os utilizadores de que nem sempre têm necessidade de conhecer a composição exacta do cimento que empregam, e convencer os fabricantes de que o facto de lançarem no mercado vários tipos de cimento não vem contribuir em nada para o aumento das suas vendas. Quando se chegar à compreensão absoluta destas duas permissas, o problema da normalização talvez esteja resolvido.

Simpósio Internacional sobre Ensaio de Betão em Estaleiro

Vai realizar-se em Trondheim, na Noruega, de 5 a 7 de Outubro de 1964 um simpósio internacional sobre ensaio de betão no estaleiro.

Os temas a tratar são os seguintes:

I — Métodos de amostragem de betão fresco no estaleiro.
II — Métodos de execução e de conservação de provetes de betão.
III — Métodos de ensaio dos provetes de betão.

As comunicações versando estes temas, deverão ser enviadas à Comissão Organizadora até 1 de Julho de 1964, a fim de poderem ser impressas e dristribuídas aos participantes um mês antes da reunião.

Deve também ser enviado até 1 de Abril um resumo de cada comunicação.

As discussões escritas deverão ser enviadas até 1 de Outubro de 1964.

As linguas empregadas serão o francês e o inglês.

As inscrições no valor de 200 coroas norueguesas para os membros da RILEM, 250 para os não membros e 100 para os autores de comunicações, deverão ser enviadas até 1 de Abril de 1964, para — Secrétariat du Colloque, Betonginstutet, Université Technique de Norvège — Trondheim, Noruega, ao qual poderão ser dirigidos os pedidos de reserva de hotel.

Colóquio internacional sobre ensaios de investigação e de recepção de materiais de síntese usados na construção

Organizado pela RILEM vai realizar-se em Liège, de 9 a 11 de Junho de 1964, um Colóquio Internacional onde serão estudados os materiais de síntese usados na construção.

Serão debatidos os seguintes temas: coberturas e suportes; condutas e reservatórios; revestimentos.

Cada tema compreende ensaios de controle e de investigação de curta e de longa duração e também ensaios destrutivos e não destrutivos. Estudar-se-á a natureza dos materiais de síntese, ou plásticos, e a sua aplicação na construção.

Os boletins de inscrição, que poderão ser pedidos ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, deverão ser enviados até 30 de Dezembro de 1963 ao Comité d'Organisation — Colloque RILEM — 1964, Institut de Génie, Civil, 6, Quai Banning, Liège, Bélgica.

SIEMENS
PORTUGAL
MOTORES
MOTRA
SABUGO - PORTUGAL
FABRICADOS SOB LICENÇA DE
SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN-ERLANGEN
DISTRIBUIDORES
SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, SARL.
LISBOA • PORTO

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kg/cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kg/cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TÉCNICO

R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º DT.º

TELEFONES 67122415 E 673785 — LISBOA

"IMPERMEÁBILIS"

O IMPERMEABILIZANTE OFICIALMENTE ACONSELHADO EM TODAS AS ARGAMASSAS DE CIMENTO

Prédios, empenas, caves. — Depósitos para água, vinhos e aguardentes. — Facultam-se certificados de ensaio dos Laboratório Nacional de Engenharia Civil e da Junta Nacional do Vinho

Distribuidor geral para todo o Império Português:

ANSELMO DE MATOS

Av. Almirante Reis, 179, r/c. - Tel. 4 64 39 - LISBOA - 1

Revendedores em Lisboa:

João Pereira Vareiro & Filhos, Lda.
Rua Augusto José Vieira, 12 - Tel. 84 74 80

Manuel Pereira Matias, Lda.
Rua de Pedrouços, 105-A - Tel. 61 11 53

Manufacturas de Cimento Fortex, Lda.
Estrada de Benfica, 727 - Tel. 70 21 75

Sequeira & Santos, Lda.
R. José Joaquim Marques, 113 - Tel. 02 61 05 - MONTIJO

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

●

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

●

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

SONDAGENS E FUNDAÇÕES
A. CAVACO LDA.

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873 - 45451 - 57751 - 59562

Sumários dos artigos publicados na Técnica n.º 332

Ano XXXVIII Novembro 1963

J. Quintino Rogado CDU 378.147

Semana de Recepção aos Novos Alunos

Técnica 332 — XXXVIII — 11. 1963 pág. 61-66

Apresenta-se a palestra proferida na Semana de Recepção aos Novos Alunos do I. S. T. onde se explicam alguns aspectos da estrutura dos cursos de engenharia, com a intenção de ajudar os novos alunos a orientar-se nesta Escola.

CDU 711.7:625.7 [378.1]

A. D. Ferreira do Nascimento

Engenharia de Tráfego

Técnica 332 — XXXVIII — 11. 1963 pág. 67-76.

A grande maioria dos sistemas vários existentes são impróprios para a circulação automóvel. No entanto, a sua melhoria só pode ser obtida com o recurso a uma técnica especial, designada por Engenharia de Tráfego, que teve origem nos Estados Unidos em 1930.
A finalidade deste ramo de engenharia é a de promover uma circulação cómoda, económica e segura, de pessoas e mercadorias. Não se julga possível, de momento, a criação em Portugal de um curso de especialização em Engenharia de Tráfego, pelo que, numa primeira fase, se deve criar no curso de Engenharia Civil uma cadeira que trate dos seus princípios fundamentais, pois o planeamento e a regulamentação da circulação é uma premente necessidade económica e social, que se impõe resolver urgentemente.

J. Neves da Silva CDU 534.111

Sobre os movimentos vibratórioz de sistemas de um grau de liberdade com elasticidade do tipo k ($x \pm \varepsilon x^3$).

Técnica 332 — XXXVIII — 11. 1963 pág. 77 89.

O Autor propõe um teorema que permite determinar as frequências de sistemas vibratórios livres com elasticidade assimétrica, a partir dos valores das frequências de sistemas com elasticidade anti-simétrica, por meio de uma formula simples. Deduz as expressões correntes para os sistemas com elasticidade anti-simetrica do tipo Duffing e, com base no referido teorema, generaliza para sistemas com elasticidade assimétrica em que os ramos são ainda do tipo Duffing. Apresenta algumas curvas de deslocamento, velocidade e aceleração referidas a exemplos concretos, bem como as famílias de curvas de frequências em função de amplitudes e do factor de não linearidade.

M. Fernanda de Castro CDU 669...8

Princípios Científicos da Formação de Películas

Técnica 332 — XXXVIII — 11. 1963 pág. 101-107.

Efectua-se no presente artigo a sistematização dos princípios científicos da formação de peliculas.
Em particular, estudam-se as duas vias fundamentais do processo — formação sem transformação química e por polimerização — pondo em evidência os factores principais do respectivo desenvolvimento.

G. Faria de Vasconcelos CDU 539 413:539 3

Técnica 332 — XXXVIII — 11.1963 pág. 109-136.

Flexão simples — Contribuição para a apresentação do cálculo em relação à rotura (Fase III) (*Cont.*)

Cálculo dos esforços resistentes em relação à rotura, isto é, em linguagem mais «prática», «determinação da armadura e verificação das secções em relação à rotura» (Apoia-se muito de perto no processo decorrente da NB-1 e nas últimas recomendações do C. E. B.) Em que consiste; definições. Suas bases; considerações, apreciações e deduções sobre diagrama de tensões, tensão de rotura σ_R, tensão de cedência σ_e, factores do coeficiente de segurança e coeficiente global de segurança, resistência do betão à tracção, hipótese de Bernouilli, encurtamento convencional do betão. Diferença e fronteira entre peças sub e super-armadas; posição da linha neutra. Momento de rotura em peças sub-armadas; considerações e paralela dedução das tabelas Armadura de compressão; algumas observações. Verificação das secções sub armadas e super-armadas; considerações, apreciações e deduções. Armadura mínima. *Tabelas;* algumas observações. Alguns *Exemplos* de aplicação com comparações a propósito. *Bibliografia.*

Summaries of articles published in «Técnica» No 332

XXXVIII — 11. 1963

UDC 717.7 : 625.7 [378.1]

A. D. Ferreira do Nascimento

Traffic Engineering

Técnica No. 332 — XXXVIII — 11. 1963 pp 67 to 76.

The majority of the road and street systems were not designed for motor vehicles. Neverthless their improvement could only be achieved through a proper technich named Traffic Engineering which was introduced in the United States during the thirties. The Traffic Engineering goals are to ensure a safe, economic and convenient transportation of persons and goods.
Graduate training in Traffic Engineering does not seem possible in Portugal by now. However the traffic planing, design and control are a growing economic and social need wich demand technical training in Traffic Engineering.
Then an optional course on the «Fundamentals of Traffic Engineering» is a necessity that could not be delated.

J. Quintino Rogado — UDC 378.147

Reception Week to the New Students

Técnica No. 332 — XXXVIII — 11. 1963 pp 61 to 66.

Here is presented the Speech made in the Reception Week to the New Students in I. S. T., on wich some structural aspects of engineering courses are presented in order to help the new students make way in this School.

M. Fernanda de Castro — UDC 669.. 8

Scientific Principles of Coating Formation.

Técnica No. 332 — XXXVIII — 11. 1963 pp. 101 to 107.

In the present article the author systematizes the scientific principles in particular the two basic processes of this phenomenon — without chemical transformation and by polimerization — emphasizing the factors which infuence film formation

J. Neves da Silva — UDC 534.111

On the vibratory motions of one-degree-of-freedom systems with $k(x \pm \varepsilon x^3)$ elasticity type.

Técnica No 332 — XXXVIII — 11. 1963 pp. 77 to 99.

From the values of anti-simetrical elastic systems, the Author proposes in this article a theorem which is able to calculate the frequencies of free-oscillating systems with assimetrical elasticity, by means of easy formulaes.
The more usual expressions for the anti-simetrical elastic systems of the Duffing type, are deduced and are generalized for the assimetrical elastic systems, still of Duffing kind, basing on the above mentioned theorem.
Also are presented a few graphs of the motion path, velocity, and aceleration concerning some pratical values, as well as family of frequencies curves refered to amplitudes and non-linearity factor.

G. Faria de Vasconcelos — UDC 539.413:539.3

Simple flexion — Contribution on the breaking stress calculation (Phase III) (*Cont*).

Técnica No. 332 — XXXVIII — 11. 1963 pp 109 to 136.

Breaking stress calculation, i. e., «reinforcement determination and verification of sections refered to breaking». Scope; definitions. Basis; considerations, commentaries and conclusions on the stress diagrams, breaking stress σ_R, yelding stress σ_e, factors of safety factor and global safety factor, concrete resistance to tension, Bernouill's hypothesis, concrete shortening. Difference and limit between sub-and super-reinforced parts; position of neutral line. Breaking momentum in sub-reinforced parts; commentaries and tables. Compression reinforcement. Verification of sub and super-reinforced sections; commentaries. Minimal reinforcement. *Tables;* some observations. Some *Examples. Bibliography.*

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsaveis:

Viegas Gonçalves, Gomes de Pina, Knopfli Batoréu, Sousa Oliveira, Möller Miranda, Barbosa Colen, Marques Pedro, Girão Pina

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 517.946.6

Asupra unei ecuatii cu derivate partiale de tip parabolic de ordin superior lui 2 — *G. Bogdau-Teodorescu.*
Buletinul I. P. B., 1959, vol. 21, n.º 1, pág. 29-43.

C. D. U. 517.947 : 518.6 : 530.17

Sur le calcul an réseau électrique des solutions périodiques de l'équation des ondes — *Michel Enselms.*
La Recherche Aéronautique, 9/10-962, n.º 90, pág. 41-46.

Efectua-se o cálculo dos modos próprios correspondentes às soluções periódicas de uma função $\varphi(x,y)$ que satisfaz às equações das ondas. Utiliza-se uma montagem eléctrica constituida por selfs e capacidades implantadas num domínio com a forma do domínio de definição de $\varphi(x,y)$. A determinação das frequências próprias consegue-se excitando a rede com corrente de pulsação variável. Mostra-se um exemplo e estuda-se o erro cometido neste processo.

C. D. U. 530.14 : 519.2

Estructuracion estadística del micro y macro universo — *F. I. Mora Mas.*
Dyna, 11-962, vol. 37, n.º 11, pág. 575-589.

C. D. U. 530.145

Distribuição cuantica natural — *F. I. Mora Más*
Dyna, 11-961, vol. 36, n.º 11, pág. 737-748.

C. D. U. 530.145.001.57

A Model with superconducting solution in Quantum Field Theory — *G. Marx.*
Acta Physica, 1962, vol. 14, n.º 1, pág. 27-38.

C. D. U. 531.756/8.002.56

A gamma-ray density gauge for measuring water-steam mixtures — *Nylund, O.*
Asea Research 7, pág. 305-320. Västeràs, Sweden, 1962.

C. D. U. 531.756 : 621.834.2

Medición de la densidad con isótopos—*B. Mengelkamp*
La A.E.G. al día, 1961, n.º 2, pág. 231-238.

C. D. U. 531.767

Strumenti numerici per misére di precisione nei comandi sezionali — *G. Voltolin* — *G. Schgör.*
Marelli, 9/12-962, vol 36, n.º 9-12, pág. 11-16.

C. D. U. 532,543 : 532.22

Contribution à l'étude adimensionnelle des courbes de remous dans les ouvrages prismatiques — *C. Thirriot.*
La Houille Blanche n.º A, 1961, pág. 405-411.

C. D. U. 533.07 : 532.52

Le décollement sur les corps de révolution a basse vitesse (obsevation au tunnel hydrodynanique a visualisation) — *Henri Werlé.*
La Recherche Aéronautique, 9/10-962, n.º 90, pág. 3-14.

Aglomerado Negro de Cortiça

... o isolante mundialmente preferido

na construção moderna.

ISOLAMENTOS

TÉRMICOS · ACÚSTICOS E VIBRÁTICOS

ISOLA

SOC. COM. de ISOLAMENTOS de CORTIÇA, LDA.
Av. António Augusto de Aguiar, 17 - Lisboa
TEL: 47824-41697

RENOLD

a maior organização mundial no fabrico de correntes de precisão oferece

143 correntes para transmissão de potência

Para informações técnicas e fornecimentos consulte—

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO	LISBOA
38, Rua de Ceuta, 48	14, Largo do Corpo Santo, 18
Telef. 27054-P.P.C.	*Telef. 24823*

RENOLD CHAINS LIMITED · MANCHESTER
REPRESENTANTES EM TODO O MUNDO

Seu companheiro favorito um

Intercomunicador

CENTRUM

Centrum electronic

LEOPOLD SHIROI

Lisboa: Rua Marquês Sá da Bandeira, 14-A

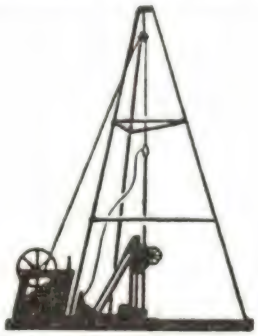
Porto: Rua de Santo António, 176-1.º

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S BENTO, 644-3.º

Telefones: 867165/6/7 ✦ Telegramas: **SETANSOL**



RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDENCIO

ARQUITECTURA E ENGENHARIA

TELEFONES:
P.P.C.A. 43191-43192-43193

END. TELEGRÁFICO:
«CONSTRUÇÃO»

CONSTRUÇÕES CIVIS

BETÃO ARMADO
E PRE-ESFORÇADO

CARPINTARIA
MECÂNICA

TRABALHOS
DE PINTURA
E ESTUQUES

DEPÓSITO DE MATERIAIS:

ESTRADA DE MOSCAVIDE, 17-19

Telefone 38 90 72

LISBOA

C. D. U. 535.24 : 545 : 82 : 545 : 83

Conducta del vanadio en su determinacion directa e indirecta por fotometria de llama — *H. A. Mottola.*

Revista de la Universidad Industrial de Santander, 3-963, vol. 5, n.º 1, pág. 391-395.

C. D. U. 535.733.1

Deux nouvelles méthodes pour susciter la vision des couleurs, et examen de leur possibilité d'emploi dans la techique cinématographique et la télévision — *S. Dékány.*

Acta Techica, 1962, vol. 40, n.º 1-2, pág. 47-71.

C. D. U. 539.42

Fracture phenomena in metal plates (Theoretical and experimental analysis of crack propagation in metallic alloys) — *S. Yussuff.*

Aircraft Engineering, 5-962, vol. 34, n.º 339, pág. 140-148.

C. D. U. 542 48.001

Los anillos de malla como material para colunas de rectificación — *A. Vian y A. Segura — Arias*

Ion, 8-960, vol. 20, n.º 229, pág. 481-489.

C. D. U. 544.92

Precipitación cromotográfica sobre papel de haluros metálicos — *Hideo Nagai.*

Revista del Universidade Industrial de Santander, 3-963, vol. 5, n.º 1, pág. 325-328.

C. D. U. 545.812

Revision de los métodos para la determinación de nitritos y de precursores de nitritos especialmente de los métodos espectrofotometricos — *E. Sawicki, J. Pfaff T. W. Stanley.*

Revista del Universidad Industrial de Santander, 3-963, vol. 5, n.º 1, pág. 337-346.

C. D. U. 547 : 621.039.8

Les molécules organiques marquées par les isotopes — *C. Pichat.*

Industries Atomiques, 1960, vol. 4, n.º 1-2, pág. 47-56.

20 referências bibliográficas.

C. D. U. 620.178.3

Evalvation de la limite de fatigue a partir d'une seule eprouvette, pièce ou element d'essai — *R. Cazaud.*

Acta Technica, 1961, n.º 35/36, pág. 27-53.

C. D. U. 620.19 : 536.7

Les problémes de la corrosion. Principes de Thermodynamique — *H. Oger.*

Mécanique Electricité, 10-962, vol. 46, n.º 159, pág. 61-66

C. D. U. 621.039.4

Quelques aspectes de la construction de réacter nucléaire BRZ — *J. Brognaux, M. Point, G. Boutique*

ACEC Revue, 1962, n.º 2, pág. 16-41.

C. D. U. 621.039.572

The research reactor R2-0 at Studsvik — the first nuclear reactor supplied by Asea — *Thulin, S., Hjertberg, P., and Molin, A.*

Asea Journal 35 (1962) : 8, pág. 117-126

C. D. U. 621.165-71

Conditions de similitude pour l'étude des circuits de refroidissement de l'eau des centrales thermiques — *J. Faure.*

La Houille Blanche Nº A, 1961, pág. 388-404.

C. D. U. 621.3.001.6 (46)

La investigacion electrotecnica en los últimos años — *L. M. Gonzalez — Montes*

Anales de Mecânica e Electricidade, 11/12-959, vol. 36. n.º 6, pág. 306-320

C. D. U. 621.3.024 : 621.3.064 2

Coupure de courts-circuits à courant contiuu par disjoncteurs rapides ou coupe-circuit — *G. Büchner.*

Bulletin Oerlikon, 6-960, n.º 340, pág. 68-77.

C. D. U. 621.3.083

The digizet — a simple digital measuring instrument of Versatile use — *L. Borucki, H. Jahn.*

Siemens Review, 1963, vol. 30, n.º 3, pág. 107-110.

C. D. U. 621.311.21 : 621.317.66

Mesure du rendement global de centrales hydro-électriques — *E. Bernet.*

Revue Landis & Gyr, 9-960, vol. 8, n.º 2, pág. 298-304.

C. D. U. 621.3131

Moteurs électriques et équipements d'entrainement.

Revue Brown Boveri, 1/2-961, vol. 48, n.º 1-2, pág. 80-106.

C. D. U. 621.313.2.024.2

Le moteur de traction des locomotives bifréquence CFF — *R. Germanier*

Bulletin Sécheron, 1961, n.º 30, pág. 33-41.

C. D. U. 621.331.322 — 81

Equipement de surveillance et de contrôle des groupes turbo-alternateurs — *J. P. Legat*

Philips Industrie, 1961, vol. 10, n.º 32, pág. 3-12.

C. D. U. 621.313.333.2.016

Nouvelles connaissances concernant les couples parasitaires dans les moteurs à cage d'écoreuil — *K. Oberetli*

Bulletin Oerlikon, 5-962, n.º 348, pág. 130-155.

C. D. U. 621.314.2.014.33

Proteccion de los transformadores contra las descargas atmosféricas — *J. Ignacio Guisado.*

Anales de Mecanica y Electricidad, 1959, vol. 36, n.º 1, pag. 3-20.

PLÁSTICOS A PARTIR DO VÁCUO

A enformação por vácuo como meio de fabricar artigos como paineis de instrumentos para automóveis e malas de viagem exigiu novas matérias plásticas em chapa. Estas devem ser muito fortes e capazes de reter a forma, mesmo sob as temperaturas elevadas e a distensão a que o processo as sujeita. Como resultado das pesquisas da ICI no campo da enformação por vácuo, surgiu uma série de chapas de plástico especiais. Idealmente apropriados para a enformação por vácuo, estes materiais promoveram a rápida adopção pela indústria daquele processo tão económico de fabrico.

PRE67P

Grande parte do investimento anual da ICI, no valor de 18 milhões de Libras Esterlinas (um milhão e meio de contos), em investigação e desenvolvimento, é empregada na procura de processos mais eficientes para a obtenção de produtos químicos melhores e mais baratos para as indústrias que a ICI serve. Em cima está um exemplo. E, porque a gama de produtos da ICI, o maior fabricante de produtos químicos na Europa, abrange 12.000 compostos, desde as drogas, corantes e fibras sintéticas até as tintas, plásticos e produtos petroquímicos—os benefícios são evidentes em quási todos os campos da actividade humana. Para ir ao encontro das necessidades da indústria, a ICI estabeleceu companhias subsidiárias em quási todos os países da Europa. Organizadas de acordo com as necessidades de cada mercado, estas companhias estão aptas a por integralmente ao serviço dos seus clientes os recursos técnicos da Companhia-sede.

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, LONDRES

Em Portugal: I.C.I. (Export) Ltd., Caixa Postal 2685, Rua D. João V, 2, 3°, Telef. 68 51 73, Lisboa

C. D. U. 621.314.21.018.3

The third harmonics in currents and voltages when magnetising a transformer — *Eric H. Nilsson.*
ASEA Revue, 1960, n.º 4, pág. 83-96.

C. D. U. 621.314.57 : 621.38

Alternateur Statique 50 Hz 100 W.
Mécanique — Électricité, 12-962, vol. 46, n.º 161, pág. 72-73.

C. D. U. 621.314.63

Un perfectionnement récent des redresseurs a semi--conducteur : Le redresseur au silicium commandé — *E. Gillon.*
Energie, 1/3-963, n.º 162, pág. 31-39.

C. D. U. 621.314.65

Les progrès techniques réalisés dans la construction des redresseurs à vapeur de mercure — *Schönhuber M. J.*
Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 10, pág. 572-586. 17 figuras, 26 ref. bibliog.

C. D. U. 621 314.7 : 621.316.72

El transistor como estabilizador de tensión e intensidad — *H. J. Bederke, H. Mueller.*
La AEG al día, 1961, n.º 1, pág. 171-176.

C. D. U. 621.315.012.2

El diagrama del círculo de una línea de transporte de energía eléctrica — *J. Kariger.*
Dyna 1-961, vol. 36, n.º 1, pág. 2-15.

C. D. U. 621.315.1.015.5

El «efecto corona» eu lineas e instalaciones de alta tensión — *Carlos A. Lopez Pacheco.*
Revista Industrial y Fabril, vol. 14-5, n.º 152 pág. 247-254 ; vol. 14-7, n.º 154, pág. 358-367.

C. D. U. 621.315.212 : 621.395.5

Installations de câbles coaxiaux pour liaisons de télécommunication — *Bernd Zeitler.*
Revue Siemens, 1963, vol. 21, n.º 3, pág. 84-89.

C. D. U. 621.315 23.017

Détection el localisation des Pertes de Courant Électrique sur un Réseau de Distribution de Gas dans une Grosse Agglomération — *M. Oger.*
Mécanique — Électricité, 6-961, vol. 45, n.º 145, pág. 63-68.

C. D. U. 621.315.616.96.048

Le procédé «Thermalastic» dans l'isolation des machines électriques à haute tension — *E. Boogaerts.*
ACEC Revue, 1961, n.º 2, pág. 20-30.

C. D. U. 621.316.54.064.25

A New Expansion Circuit Breaker for 110 kV, 100 HVA — *Arnold Einsele.*
Siemens Review, 1962, vol. 29, n.º 5, pág. 147-152.

C. D. U. 621.316.57.064.22.024

New high-speed d.c. circuit-breaker for 3,000 V — *Stackegard, A. and Wirsen, L.-E.*
Asea Journal 34 (1961) : 7, pág. 133-136.

C. D. U. 621.316.93

Tendances modernes relatives à la protection contre les surtensions, particulièrement pour les hautes tensions — *Christoffel M.*
Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 10, pág. 546-554 8 figuras ; 12 ref. bibliog.

C. D. U. 621.316.99

Mises a la terre et prises de terre — *W. Birkhahn*
Mécanique — Électricité, 2-963, vol. 47, n.º 163 pág. 73-79.

C. D. U. 621.317.353 : 621.311

Estudo das harmónicas na rede da União Eléctrica Portuguesa (Sul) — *C. Portela*
Electricidade, 10/12-962, vol. 24, pág. 322-332

C. D. U. 621.318.373.001.24

Lentilles magnétiques de focalisation — *H. Brechna.*
Bulletin Oerlikon, 12-961, n.º 346-347, pág. 79-105.

C. D. U. 621.318.38.073.1

Ultra — stabilisation do champ magnétique pour des installations de physique nucléaire — *I. Földi*
Bulletin Oerlikon, 12-961, n.º 346-347, pág. 115-125.

C. D. U. 621.318.435.3 : 621.316.721

Transductors for a.c. and d.c. regulation — *Mellgren, G.*
Asea Journal 35 (1962) : 11-12, pág. 165-169.

C. D. U. 621.319.53

High-voltage impulse-testing equipment — *Fryxell, J.*
Ase Journal 34 (1961) : 11, pág. 187-192.

C. D. U. 621.33 (45)

L'elettrificazione delle FS.
ETE, 1961.

C. D. U. 621.331.3.024 : 621.316.91

Nouveau système de contrôle de voie pour chemin de fer électrique à courant continu — *Ludwig Hartmann et Karl Ertel.*
Revue Siemens 18 (1960), pág. 81-82.

C. D. U. 621.335.2

The Further Development of Electric Motive Power Units for Main-line Railways — *Fritz Marten.*
Siemens Review, 1962, vol. 29, n.º 7, pág. 233-238.

C. D. U. 621.335.4 : 625.6

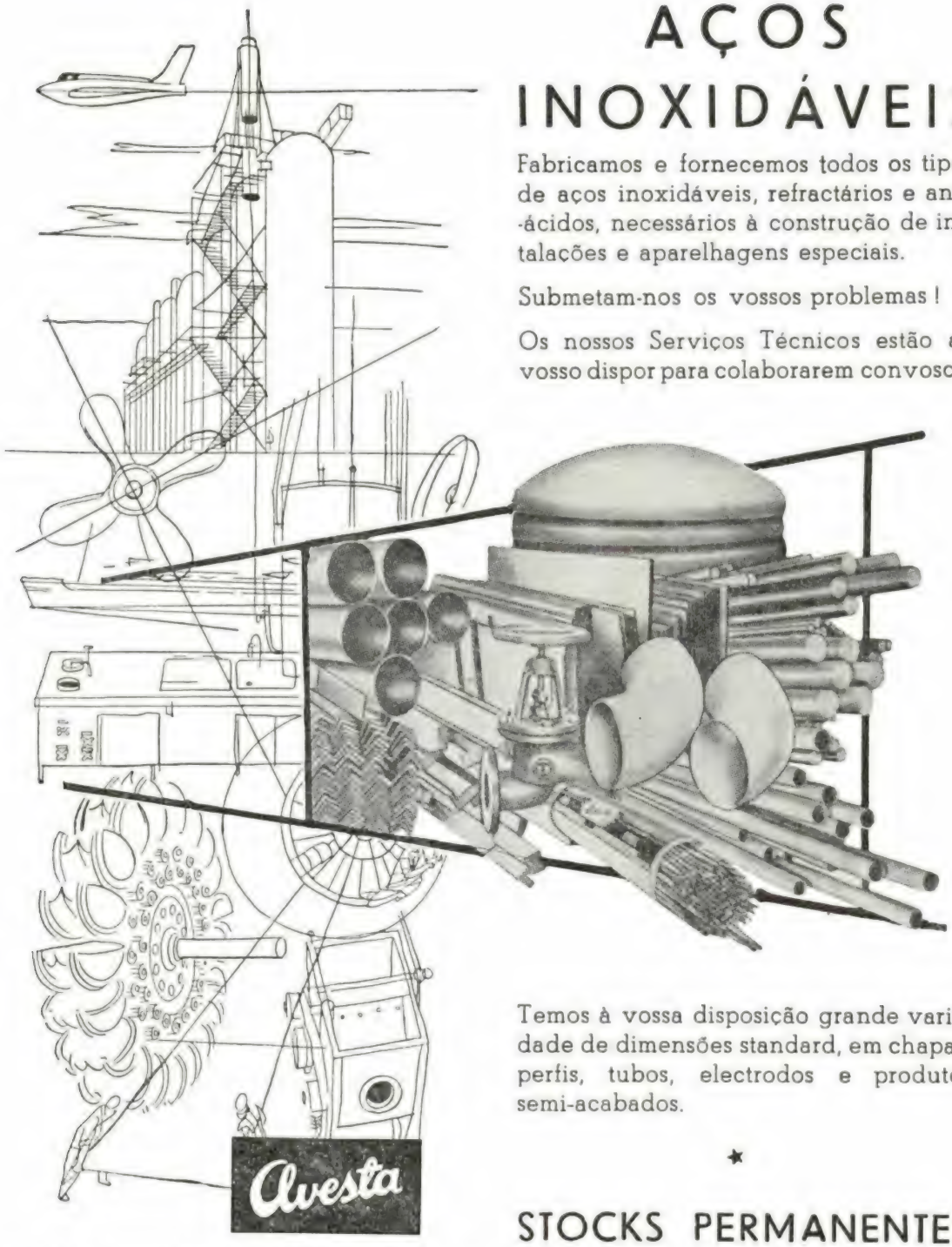
Véhicules moteurs pour le trafic local — *Zbinden W.*
Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 9, pág. 610-625. 20 fig., 1 tabela, 10 ref. bibliog.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 47961 — 47993 — 47997

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 621.337.522

Équipements a Excitrons pour Locomotives Monophasés a Freinage par Récupération.

Mécanique — Électricité, 6/961, vol. 45, n.° 145 pág. 83-88.

C. D. U. 621.352.6

La production directe d'énergie électrique par les piles à combustibles — *Plust H. G., E. Guth et C. G. Telschow*

Rev. Brown Boveri, t. 49 (1962), n.° 1/2, pág. 3-33. 34 fig., 7 tabl., 24 ref. bibliog.

C. D. U. 621.365.5

30 — Ton Induction Furnaces for Melting and Holding Iron — *Sven Carlsson.*

Asea Iournal, 1961, vol. 34, n.° 12, pág. 515-221.

C. D. U. 621.365.511 : 66.041.82

Large high-vacuum induction meltinh furnaces — *Wenneberg, W.*

Asea Journal 35 (1962): 11-12, pág. 159-165.

C. D. U. 621.375.3

Propriétés et utilisation des amplificateurs magnétique dans la technique de la mesure — *R. Spühler.*

Revue Landis & Gyr, 4-962, vol. 10, n.° 1, pág. 55--62.

C. D. U. 621.375.9.029.6 : 537.311.33

Masers et lasers — *R. A. Smith*

Endeavour, 4-962, vol. 21, n.° 82, pág. 108-117.

C. D. U. 621.382

The Junction Transistor and its Application — *E. Wolfendale*

Journal I. E. E., 11-958, vol. 4, n.° 47, pág. 583.

C. D. U. 621.382.23 : 621.313.2.077.65

Thyristor static converters for d.c. machine drives — *Martensson, H. and Karlsson, A.*

Asea Journal 35 (1962): 5-6, pág. 71-77.

C. D. U. 621.384.6

How docs a synchrocyclotron function?

Science and Industrie, 1963, vol. 9, n.° 5, pág. 17-24.

C. D. U. 621.384.6

«Saturne»: le synchrotron à protons de saclay — *R. Lévy-Manoel.*

Industries Atomiques, 1960, vol. 4, n.° 1-2 e 3-4, pág. 71-75 e 69-81.

C. D. U. 621.386.1 : 544.64

Development of an X-Ray Microanalyser — *D. Allenden, T. Mulvey.*

A. E. I. Engineering, 5/6-962, vol. 2, n.° 3, pág. 130-138.

C. D. U. 621.391.004

Potential Application of Recent Advances in Communication Technology — *L. A. Rosa : E. W. Keller.*

Electrical Communication, 1962, vol. 37, n.° 3, pág. 202-221.

C. D. U. 621.391 : 621.398 : 621.316

Telepuls 10 — das Ergébnis einer Entwicklungsreihe elektromechanischer Fern wirk systeme — *K Bartels, B. Oklobdzija.*

SEL—Nachrichten, 1961, vol. 9, n.° 3, pág. 138-144.

C. D. U. 621.394.33

Les téléimprimeurs pour l'automatisation des entreprises — *Werner Butzke et Werner Rötter.*

Revue Siemens, 18 (1960), pág. 12-16.

C. D. U. 621.395.344.6

Crossbar Telephone Switching System HKS 442 — *H. Nordsieck*

SEL-Nachr. 9 (1961), n.° 1, pág. 53-56.

C. D. U. 621.395.374

Automation of international long-distance telephony in west Germany — *Ferdinand Schalkhauser.*

Siemens Review, 1962, vol. 29, n.° 8, pág. 279-283.

C. D. U. 621.395.5 : 621.375

Remote Feeding Equipment for V 2700 12-Mc Carrier System — *E. Ganzer, W. Hering.*

Siemens Review, 1963; vol. 30, n.° 3, pág. 96 101.

C. D. U. 621.395.625.3 : 621.379.13

Television recording — *J. Redmond*

Journal I. E. E., 10-960, vol. 6, n.° 70, pág. 584.

C. D. U. 621.395.743

Local Telephone Cable Networks Overseas — *Friedhelm Leichsenring.*

Siemens Review, 1962, vol. 29, n.° 11, pág. 401-405.

C. D. U. 621.396.621

Antenas de Ferrita para Receptores Transistorizados *E. J. Maanders, H van der Vleuten.*

Matronics, 1961, n.° 18, pág 360-370.

C. D. U. 621.396.933.2

Wide-Base doppler Very-High-Frequency Direction Finder.

ITT, 1961, vol. 37, n.° 2, pág. 135-146.

C. D. U. 621.396.946 : 621.317.7

Electronic instruments in space — research vehicles — *R. L. F. Boyd.*

Journal I. E. E., 8-959, vol. 5, n.° 56, pág. 457.

C. D. U. 621.396.946 : 621.396 969.35

Information by radio from the sateilites — *J. A. Ratcliffe.*

Journal I. E. E., 11-958, n.° 4, vol. 47, pág. 603.

C. D. U. 621.397.2 : 332

Telescheck Closed-circuit Tv Equipments — *Hans Leidholdt and Heinz-Günther Walter.*

Siemens Review XXVII (1960), pág. 137-140.

A CANETA DE DESENHO PARA TINTA DA CHINA COMO O PRÁTICO A DESEJA

As vantagens visíveis:

1 **Sinalização clara à primeira vista da espessura do traço no topo da carapuça e na ponta do desenho**

2 **Máximo comprimento util das pontas de desenho**

5 mm para traços de 0,4 a 1 mm
2 mm para traços de 0,3 mm
1 mm para traços de 0,2 mm

3 **Pontas de desenho fáceis de cambiar com anilha de segurança contra a perda do estilete**

4 **Depósito transparente**

5 **Boa visibilidade na régua e evidentemente um acabamento impecável, enchimento e limpeza fáceis, grande duração**
Para 7 espessuras de traço

vermelho	azul	verde	amarelo
0,2	0,3	0,4	0,5
branco	cinzento	preto	
0,6	0,7	1,0 mm	

À venda nas boas Papelarias

Prospecto detalhado também sobre minas e lapiseiras Mars Lumograph pelo representante em Portugal
Walter Schmidt
Rua Pialho de Almeida, 40-A — Lisboa
— Telef. 51074

STAEDTLER

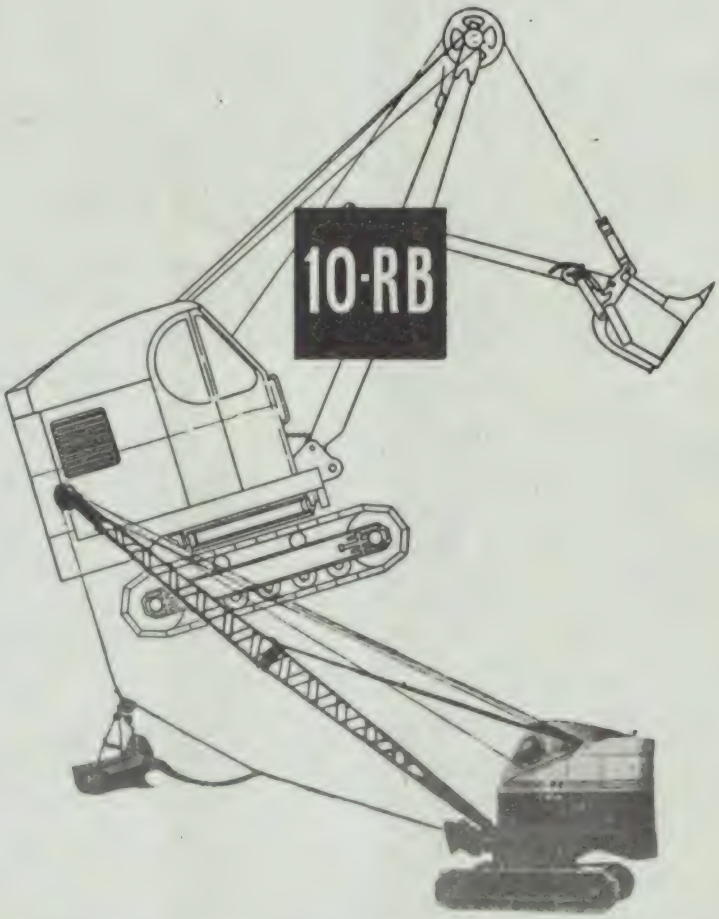
ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE COMPANY

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Escavadoras modelo 10 RB, de 1 jarda cúbica de capacidade, com comandos a ar comprimido

As escavadoras RUSTON-BUCYRUS e BUCYRUS-ERIE são as mais conhecidas mundialmente e as mais utilizadas em todo o território português

Stock permanente de peças sobresselentes ★ Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados ★ Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (ALCÂNTARA) ★ LISBOA

PORTO LUANDA LOURENÇO MARQUES

Polyken®

EXPERIENCED IN MODERN PROTECTIVE COATING

moderno revestimento anticorrosivo

para todos os diametros de tubagem

213

Representantes:

SOC. COMERCIAL LUSO ITALIANA. LDA

Av. Fontes Pereira de Melo
15-2º Lisboa telef. 538980 538989

A Gama de Motores Diesel CUMMINS de 70 a 700 HP oferece potência para todas as aplicações nos mais variados trabalhos. Os motores Diesel Cummins, preferidos por muitos empreiteiros Portugueses, são oferecidos como equipamento standard e opcional por grande número de fabricantes Americanos e Europeus das mais variadas máquinas.

QUALIDADE + PEÇAS + ASSISTÊNCIA TÉCNICA

CUMMINS

Representantes Exclusivos:

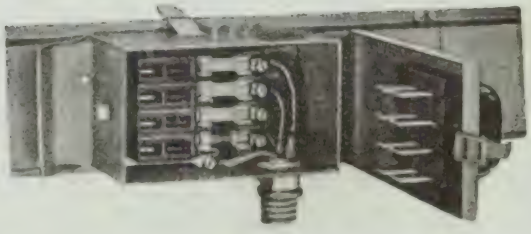
ELECTRO CENTRAL VULCANIZADORA, LDA.

LISBOA – AV. 24 DE JULHO, 60-G TELEFONE 66 11 76

PORTO – P. D. JOÃO I, 28 TELEFONE 23022

CANALIS

CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS PRÉ-FABRICADAS



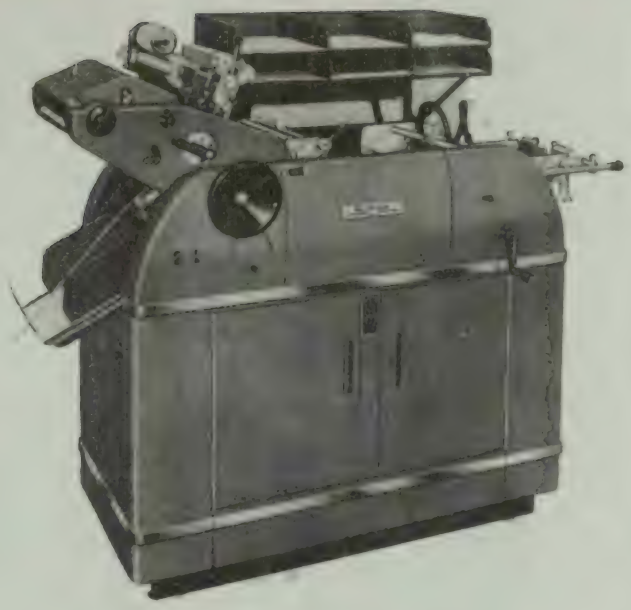
— Monta-se e desmonta-se fàcilmente.
— Com os seus «coffrets», obtêm-se instantâneamente derivações, sob tensão, em cada 25 cm da linha.
— Transforma-se, completa-se e recupera-se em qualquer momento.
— Reduz o tempo de estudo das instalações.
— Feito em material incombustível, resiste
— ao fogo, ao calor, à humidade e não envelhece.
— Oferece uma segurança total e um comportamento excepcional aos curto-circuitos.

TELEMEC

RUA D. ESTEFÂNIA 92-A TELEFS. 5 14 86 - 53 73 29 LISBOA

o duplicador 'offset'
escolhido
pela A. E. I. S. T.

Multilith



representante:

MODERN OFFICE, LDA.

rua do alecrim, 107 – telef. 323465

LISBOA

este anúncio foi composto em VARITYPER e HEADLINER

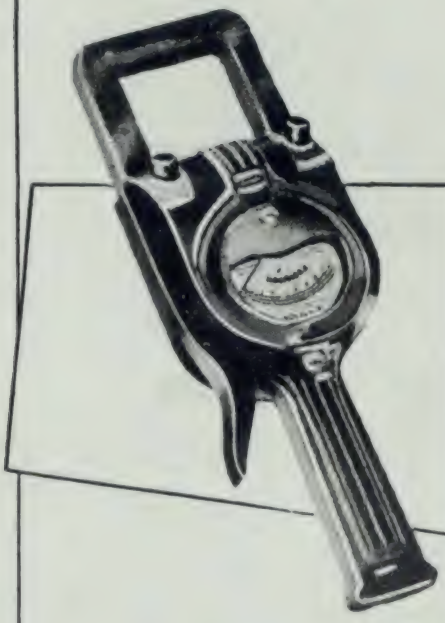
os anúncios das páginas azuis foram impressos em duplicador MULTILITH

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TECNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

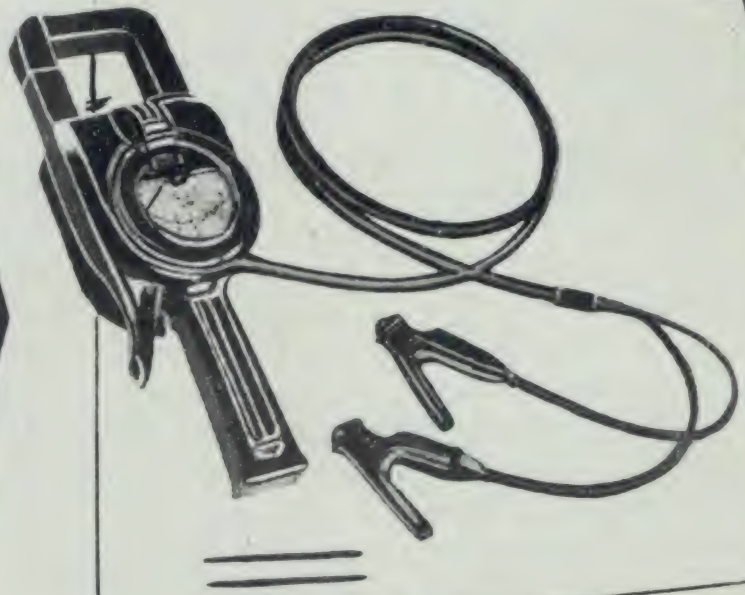
PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	



PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS, S. A. R. L.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

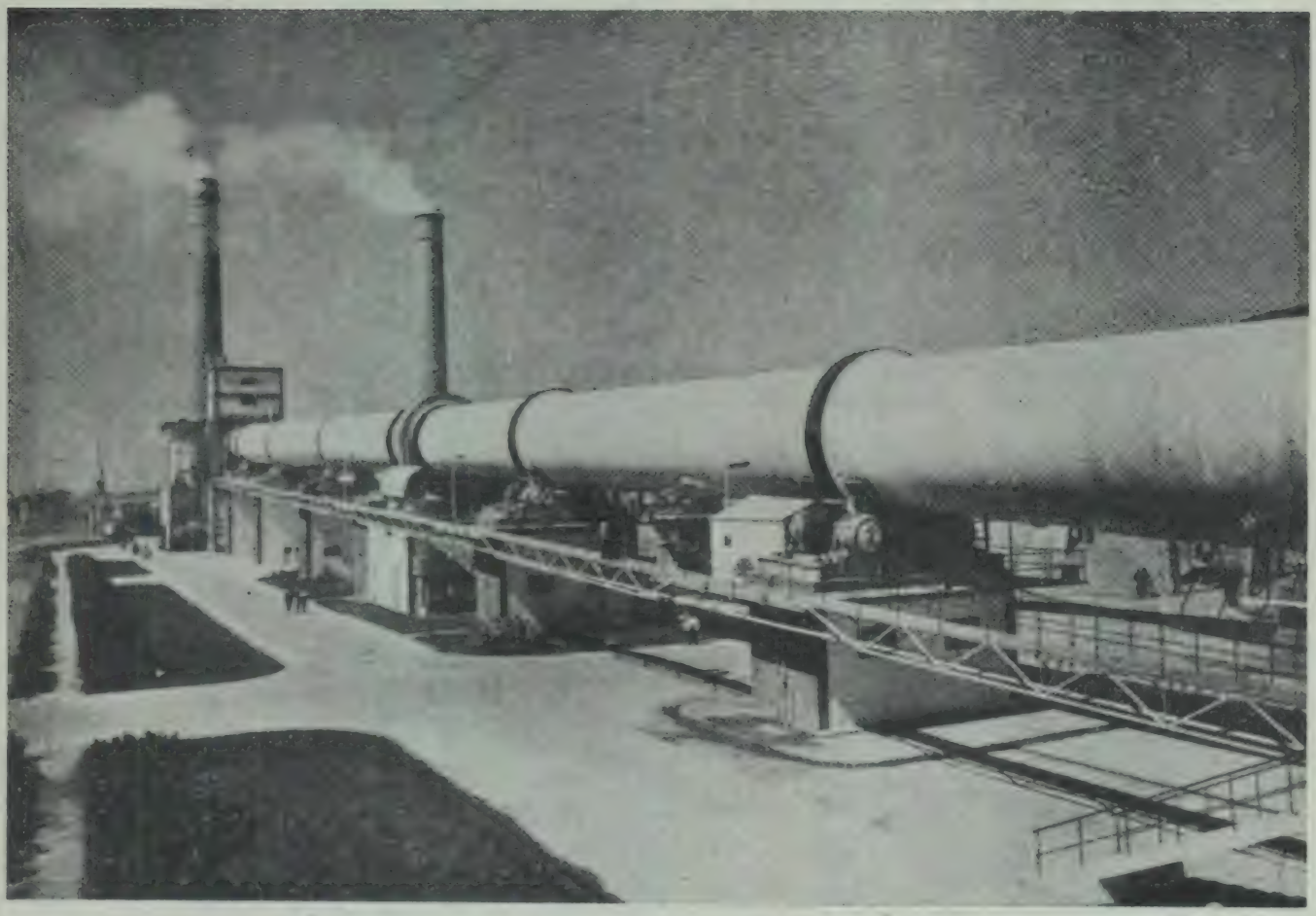
DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL
AVENIDA DA LIBERDADE, 29-41 — LISBOA
160, RUA STA. CATARINA, 168 — PORTO

Companhia Cimento Tejo

ALHANDRA

A maior fábrica de cimento da Peninsula

850.000 T. de capacidade anual de produção



FORNO N.º 5

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

pelo Prof. Herculano de Carvalho

Preço 90$00

Tabelas para o Cálculo de Betão Armado

por Fernando Vasco Costa

4.ª edição revista e aumentada pelo autor e por João d'Arga e Lima

Preço 140$00

TOPOGRAFIA GERAL

pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume — 2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

MANUAL DE HIDRÁULICA

pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

Dicionário de Unidades e Tabelas de Conversão

Pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

Desconto: 10 % aos assinantes

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

AUTOMÓVEIS

— **Metalúrgica Duarte Ferreira**
Divisão Berliet — Rua Tomás Ribeiro, 50-A — Lisboa

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Agro-Mecânica**
R. Rodrigo da Fonseca — Lisboa

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Construções Técnicas, Ld.ª**
Pr. do Município, 13-3.º — Lisboa — Tel. 36 65 09.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, Lote 3, 5.º D. — Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

— **Soc. de Construções Amadeu Gaudêncio**
R. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telf. 4 31 91 — 4 31 92.

CALAFETAGEM

— **TESA-MOLL**
Lisboa

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

— **SMEIA**
Av. Padre Manuel da Nobrega, 8-B-1.º

— **Monteiro Gomes, Ld.ª**
Rua Cascais, 47 (Alcântara).

ESTORES

— **NACO SUN SASH**

— **ECOMAR**
R. de S. Julião, 62-2.º

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Lisboa — Tel. 36 65 09.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Empresa de Sondagem e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª.**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

— **Orlando Fernandes**
Rua Palmira, 46-A-B-C — Lisboa 1 — Tel. 83 01 63 e 84 26 39.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Emílio de Azevedo Campos, Ld.ª — Kern**
R. Antero de Quental, 17

— **Pimentel & Casquilho**
R. Jardim do Regedor, 24, 2.º
Lisboa-2 — Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO ACÚSTICO

— **ISOLA**
Av. António Augusto de Aguiar, 17 — Lisboa
Tel. 4 78 24.

ISOLAMENTO TERMICO

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

MOBILIÁRO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Lisboa — Tel. 36 65 09.

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
R. de S. Mamede ao Caldas, 22-3.º — Lisboa — Tel. 85 71 65/7.

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª** — Alverca

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

— **Von Roll — Representante Socotel**
R. Sá da Bandeira, 651-4.º — Lisboa

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TÉCNICA**
Av. Rovisco Pais.

EQUIPAMENTO ELÉCTRICO

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **General Electric**
R. do Norte, 5 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Philips Portuguesa**
R. Joaquim António Augusto de Aguiar, 66 — Lisboa.

— **Siemens — Comp. de Electricidade, SARL**
Lisboa — Av. Almirante Reis, 65
Porto — R. das Carmelitas, 12.

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld.ª — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **Telemec**
R. D. Estefânia, 92-A — Lisboa

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Electrotécnicos Reunidos, Ld.ª**
Lisboa

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18.

— **General Electric**
R. do Norte, 5 — Lisboa

— **Leopoldo Shiroi**
R. Marquês Sá da Bandeira, 14-A — Lisboa
R. Santo António, 176-1.º — Porto

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

BOMBAS

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.º-Tel. 73 53 07-Lisboa 1

— **Vasco Pessoa, Lda.**
Rua da Boa Vista, 63 — Lisboa 2

CORRENTES

— **Auto Lusitânia**
Avenida da Liberdade, 75-77 — Lisboa

— **RENOLD**
Harker, Sumner & C.ª, Ld.ª
Largo do Corpo Santo, 14-18 — Lisboa.
Rua de Ceuta, 38-48 — Porto.

ESTUFAS

— **Monterroso & C.ª, Ld.ª — Electro-Helios**
R. do Campo Alegre, 606 — Porto
Av. Miguel Bombarda, 59-B — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Georges Fischer — Soc. An. — Suíça — Representante Soc. Romar**
R. da Boa Vista — Lisboa

— **Sociedade Comercial ROMAR, Ld.ª**
Lisboa.

MOTORES INDUSTRIAIS

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de Santa Catarina, 168 — Porto.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **I.C.I. — Imperial Chemical Industries, Ld.ª**
R. D. João V, 2-3.º — Tel. 68 51 73 — Lisboa.

BORRACHAS

— **Quimicor**
R. Sociedade Farmaceutica, 3 — Lisboa.

EQUIPAMENTO

— **Filtros Filfro, Ld.ª**
R. Capitão Filipe de Sousa, 128, Caldas da Rainha.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar — Tel. 93

LUBRIFICANTES

— **B. P.**

— **Mobil Oil**

— **Silicones-Wacker-Chemie-G. M. B. H. Química Hoechst**
Av. Duque de Ávila, 169-1.º — Lisboa.

— **SONAP**

REVESTIMENTOS

— **Crosslite — Sidral**
Calçada de Monchique, 3 — Porto

— **NEODON — Agência Comercial, Limitada**
Travessa do Loureiro, 3 — Lisboa — Tel. 4 90 54

— **POLYKEN — Sociedade Comercial Luso-Italiana, Lda.**
Avenida Fontes Pereira de Melo, 15-2.º — Tel. 53 89 80 e 53 89 89

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Pimentel & Casquilho, Ld.ª**
Rua do Jardim do Regedor, 24, 2.º — Lisboa
Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Hidrel — Técnica de Hidráulica e Electricidade**
Rua do Alecrim, 47-B — Lisboa

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 4 79 64 - 4 79 93 - 4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 66

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Companhia Portuguesa de Fornos Electricos**
L. S. Carlos, 4-2.º

— **SOABAL — Sociedade de Aços para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

BETÃO

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

BETÃO ARMADO

— **SOABAL — Sociedade de Aço para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

CIMENTOS

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3.

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

— **Burroughs Corporation**
Avenida 24 de Julho, 3-1.º Esq. — Lisboa

— **J. S. Staedler**
W. Schmidt — R. Fialho de Almeida, 40-A
Tel. 5 10 74 — Lisboa

— **The Modern Office**
R. do Alecrim, 107 — Tel. 32 34 65 — Lisboa

MOTORES DIESEL

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de S. Catarina, 168 — Porto

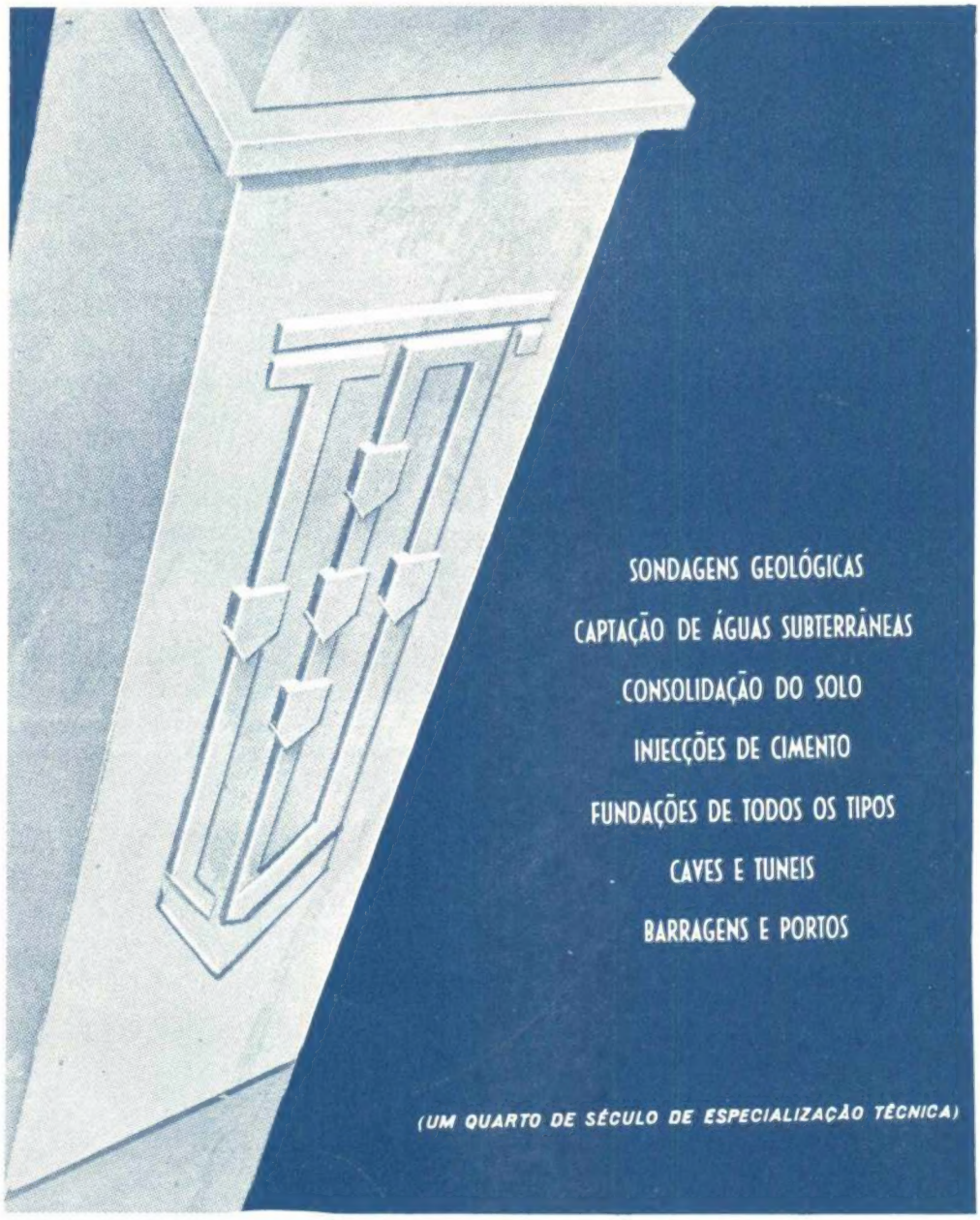
— **Cumings — Electro Vulcanizadora, Ld.ª**
Avenida 24 de Julho, 6 — Lisboa
Praça D. João I, 28 — Porto

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

LISBOA



Fotogravura
Armeis & Moreno, Lda

Mobil
O PETRÓLEO TORNOU-SE
VITAL PARA A INDÚSTRIA
O mais variado equipamento mecânico, tal como: máquinas-ferramentas, laminadores, prensas, compressores, transportadores, fieiras, máquinas de fiação e tecelagem, extrusoras, calandras, moldagem, fornos de cimento, turbinas hidráulicas e a vapor, compressores frigoríficos, ferramentas pneumáticas, etc., apetrecham as mais diversas industrias.
Exige-se que estes maquinismos funcionem, por vezes em condições de extremo rigor, o mais correcta e econòmicamente possível e como elemento fundamental nesse propósito destaca-se a sua lubrificação.
A Mobil oferece a mais completa gama de óleos e massas para esse fim, apoiada por serviços técnicos especializados, utilizando mais de 95 anos de experiência no campo dos lubrificantes.
Através de programas de investigação, de desenvolvimento de novos produtos e de assistência técnica, a Mobil esforça-se por tornar o petróleo ainda mais valioso para a Indústria.
MARCA
Mobil Oil Portuguesa